

Trabajo Fin de Grado. Grado en Fisioterapia

**Revisión sistemática sobre el empleo de robots  
en la rehabilitación del miembro superior tras  
un accidente cerebrovascular**

**Systematic review of the use of robots for upper limb  
rehabilitation after stroke**

**Revisión sistemática sobre o emprego de robots na  
rehabilitación do membro superior tras un accidente  
cerebrovascular**

**Silvia, Lamas Sayáns**

DNI 44842048 Y

*Tutora: Verónica Robles García*

Convocatoria de presentación Septiembre 2015



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



## **RESUMEN:**

**Objetivo:** Revisar de forma sistemática y evaluar críticamente las diferentes publicaciones existentes sobre el empleo de robots en la rehabilitación del miembro superior tras un ACV.

**Estrategias de búsqueda:** se ha llevado a cabo una búsqueda en las bases de datos, Medline, Scopus y Pedro. Se ha limitado la búsqueda a los últimos 5 años, a los idiomas inglés y español y a aquellos artículos que se puedan obtener de forma gratuita a través de la Universidad de la Coruña.

**Selección de estudios:** se ha centrado en aquellos artículos relacionados con la terapia asistida por robot en la rehabilitación del miembro superior en pacientes tras un ACV en cualquiera de sus fases.

**Síntesis de resultados:** se detectaron 144 artículos de los cuales 12 cumplen los criterios de selección de los mismos, de estos 7 se tratan de estudios aleatorizados y 5 de revisiones sistemáticas. Dichos artículos han sido analizados teniendo en cuenta diversas variables como son: tipo de estudio, tipo de robot, fase del ACV, metodología y resultados.

**Conclusiones:** los resultados de los estudios muestran que la terapia asistida por robot produce beneficios en la rehabilitación del miembro superior tras un ACV. Sin embargo, debido a la diversidad de robots, las metodologías y los protocolos empleados en los diferentes estudios es difícil compararlos y extraer conclusiones acerca de qué tipo de robot, y metodología es más eficaz, así como en qué fase del ACV es más beneficioso emplear este tipo de terapia.

## **PALABRAS CLAVE (MESH):**

**ROBOTICS** (robótica), **STROKE** (accidente cerebrovascular (ACV)), **UPPER EXTREMITY** (extremidad superior), **PARESIS** y **PHYSICAL THERAPY MODALITIES** (modalidades de fisioterapia).

## ÍNDICE

Resumen:.....	I
Palabras clave (MeSH): .....	I
índice .....	II
Introducción .....	1
Objetivo principal y objetivos secundarios .....	8
Hipótesis .....	9
Material y Métodos.....	9
Resultados .....	16
Discusión .....	36
Conclusiones.....	40
Referencias bibliográficas) .....	41
Apéndices .....	43

# INTRODUCCIÓN

## **1. Selección del tema y motivación personal**

En este trabajo se lleva a cabo una revisión sistemática cualitativa sobre el empleo de robots en la rehabilitación del miembro superior tras un ACV.

La razón de realizar una revisión sistemática es el interés de conocer la evidencia que existe acerca de la rehabilitación del miembro superior en paciente tras un ACV.

La motivación a la hora de seleccionar el tema vino dada por la inquietud por las nuevas tecnologías que se están empleando en la rehabilitación y en concreto, en la rehabilitación neurológica del miembro superior.

Este año he podido conocer en primera persona el uso del robot Lokomat para la rehabilitación de la marcha en pacientes neurológicos durante las estancias clínicas, lo que me ha motivado a buscar información acerca de este tema. He podido comprobar con esta búsqueda general que existen más estudios sobre el uso de robots en la rehabilitación del miembro inferior que en el miembro superior. Esto ha despertado mi curiosidad por conocer más acerca del uso de robots para la rehabilitación del miembro superior (MS), ya que la función del miembro superior es fundamental para llevar a cabo una gran parte de las tareas de la vida diaria lo que repercute directamente en el nivel de independencia funcional de los pacientes.

## **2. Contextualización**

### **▪ Concepto de ACV y epidemiología:**

Un accidente cerebrovascular (ACV) o ictus, se define como un “signo clínico de alteración focal o global de la función cerebral, con síntomas que duran 24 horas o más o que conducen a la muerte, sin una causa aparente aparte del origen vascular” (OMS, 1988).

Los ACV se clasifican en función de una serie de parámetros como son: la localización anatómica de la lesión, los vasos involucrados, la etiología, la edad y su naturaleza (hemorrágico/ no hemorrágico) (1).

Un signo clínico habitual de una persona que ha sufrido un ACV es una hemiparesia sensitivo motora o una hemiplejía en el lado contrario al hemisferio cerebral lesionado (2). La hemiparesia se define como la debilidad de un lado del cuerpo, la hemiplejía se trata de una parálisis total del brazo, la pierna y el tronco de un lado del cuerpo (2).

La hemiplejía como consecuencia de un ACV se considera una condición neurológica recuperable (2). El proceso de recuperación tras un ACV puede estar relacionado con uno o más de los siguientes factores (2):

- Localización y extensión de la lesión.
- Edad del paciente.
- Capacidad de llevar a cabo un plan motor relacionado con la funcionalidad del movimiento.
- Capacidad del sistema nervioso para reorganizarse.
- Estado inicial del paciente.
- Motivación y actitud del paciente para su recuperación.

El ACV es la patología neurológica que provoca un mayor número de ingresos hospitalarios y la tercera causa de mortalidad (10%) en los países industrializados. Presenta una prevalencia muy elevada (600-800 casos cada 100.000 habitantes), lo que supone un grave problema socioeconómico debido a que el 50 % de los afectados sufren secuelas que les impiden una integración social completa (3).

En Europa, cada año se registran 450.000 casos de ACV siendo la tercera causa de muerte por enfermedad después del cáncer y el infarto de miocardio (3).

En España, el ACV es la primera causa de invalidez permanente y la segunda causa de muerte(3). Por sexos, el ACV es la primera causa de muerte entre las mujeres españolas y la segunda en los varones, según datos del grupo de Estudio de Enfermedades Cerebrovasculares de la Sociedad Española de Neurología (GEECV-SEN). Se detectan unos 120.000 casos nuevos cada año, de hecho, se estima que cada seis minutos se produce un ictus en España (3).

La prevalencia de personas que han sufrido un ACV es más frecuente a partir de los 55 años y su riesgo aumenta proporcionalmente con la edad. Así, se estima que más del 21% de la población mayor de 60 años de nuestro país, casi dos millones de personas, presenta un alto riesgo de sufrir un ACV en los próximos 10 años, según los datos del estudio PREVICTUS (4).

El ACV es la causa más importante de invalidez o discapacidad a largo plazo en el adulto y la segunda causa de demencia. A los 6 meses del ictus, el 26,1% de los pacientes han fallecido, el 41,5% son independientes y el 44% de los supervivientes quedan con una dependencia funcional (5).

Los principales déficits, discapacidades y complicaciones observables después de un ictus son: parálisis, desequilibrio, trastorno del habla/lenguaje, trastornos visuales, déficits cognitivos, alteraciones emocionales, fatiga física y psíquica, crisis epilépticas y dolor (5).

- **ACV y afectación del miembro superior**

Muchas de las acciones que realizamos con nuestros brazos están en relación con la realización de tareas complejas con una o ambas manos. Esto significa que movemos nuestros brazos con el fin de colocar nuestras manos en la posición adecuada para la manipulación de objetos del entorno de trabajo y para transportar objetos de un lugar a otro (6). La secuenciación de los movimientos articulares, la cronología y las fuerzas musculares producidas implicadas en una acción específica vienen determinadas en función de la tarea que se realiza, el objeto, la posición relativa del individuo con el objeto y las limitaciones que presente el entorno (6). Por ejemplo, la localización de un vaso respecto a la boca va a determinar cómo se mueve la mano en el espacio y los grados de rotación del hombro y del antebrazo (6).

El ACV provoca diversos trastornos como pueden ser alteraciones del reclutamiento muscular una menor frecuencia de activación, una mala secuenciación y coordinación de los movimientos segmentarios así como déficits sensitivos, todo ello influye de manera importante en el desempeño funcional de la extremidad superior (6). Por otro lado, la debilidad muscular y la alteración del control motor van a alterar la acción motora en función de la distribución de los músculos implicados. Por ejemplo, la debilidad de los abductores, los flexores y los rotadores externos de la articulación glenohumeral y de los supinadores va a tener un efecto significativo en la extensión del brazo, mientras que la debilidad de los extensores de muñeca, los flexores, los extensores, abductores y aductores de los dedos y el pulgar afectan a la

manipulación de objetos (6).

El MS está formado por cuatro complejos articulares: el hombro, el codo, la muñeca y la mano junto con los dedos y todas las articulaciones que en ella se encuentran. El hombro es la articulación proximal del MS. Los movimientos de ésta se desarrollan en tres sentidos, lo que permite la orientación de la extremidad superior en los tres planos. El complejo articular del hombro está formado por cinco articulaciones que se sincronizan entre sí. Todas ellas van a influir en el movimiento adecuado y el control postural de la mano (6).

El codo es la articulación intermedia del MS. Está relacionado con la muñeca a través de la articulación radio-cubital superior e inferior. A nivel funcional es fundamental para realizar tareas de la vida diaria como es la alimentación. La muñeca es la articulación distal de la mano y relaciona en antebrazo con las articulaciones de la muñeca. La mano junto con los dedos está formada por numerosas articulaciones que los convierten en un instrumento fundamental para la realización de numerosas tareas.

Tras el ACV se pueden observar fundamentalmente dos fases en la recuperación de los pacientes: una fase inicial tras el episodio agudo en la cual está presente la flacidez y una fase posterior en la cual aparece espasticidad (aumento excesivo del tono muscular) (7). Durante la fase flácida la cintura escapular se retrae y se deprime y los dedos se flexionan. Una vez transcurrida la etapa flácida esta es reemplazada por un estado de espasticidad y aparece un patrón típico en el brazo afecto con retracción de escápula, cintura escapular deprimida, aducción y rotación interna de hombro, flexión de codo y pronación de antebrazo, flexión de muñeca con ligera desviación cubital, flexión y aducción del pulgar (8), lo que limita considerablemente el uso del miembro superior (MS). La espasticidad dificulta la realización de movimientos normales, no actúa de forma constante y se modifica en función de la postura y los movimientos (2).

En algunos casos, en pacientes con hemiplejía, aparecen sinergias. Se entiende por sinergia los movimientos realizados en bloque con patrones de movimiento totales de flexión o extensión, presentando el paciente incapacidad para disociarlos y combinarlos para obtener los movimientos selectivos para la realización de las Actividades Básicas de la Vida diaria (ABVD)(9).

En la etapa de espasticidad también pueden aparecer reacciones asociadas (aumento del tono al realizar una acción voluntaria) que en el MS superior se traducen en un incremento del tono en los flexores. Esto puede aparecer al realizar acciones con el lado sano o con el afecto (8).

La mano también puede sufrir diferentes trastornos como son la alteración de la sensibilidad superficial, propioceptiva y esteroagnosia (imposibilidad de reconocer objetos a través del tacto) y dichas alteraciones pueden ser tan incapacitantes como los déficits motores.

El deterioro en la función del brazo y de la mano limita considerablemente la capacidad para realizar actividades básicas de la vida diaria (ABVD). La muñeca y el uso adecuado de la mano es muy importante para el uso funcional del brazo afecto en la vida diaria y las ganancias funcionales dependen de la muñeca y del movimiento de la mano (10). Esto se debe, como se ha expuesto al inicio de este apartado, a que los movimientos del MS siguen los movimientos dictados por la mano y los movimientos de ésta están orientados a la realización de tareas (11).

Por otro lado, tanto la función de la muñeca como la de la mano son fundamentales para realizar tareas que impliquen movimientos finos y precisos, en tareas como pueden ser peinarse, comer, atarse los cordones, etc. Por ello, uno de los objetivos de la rehabilitación tras un ACV debería ser la recuperación de la función del brazo y de la mano ya que son esenciales para la realización de las actividades de la vida diaria y por lo tanto para la independencia del paciente.

Esto es un aspecto importante a observar en la rehabilitación mediada por robot ya que dependiendo del tipo de robots éstos se pueden centrar en la rehabilitación de todo el MS o en algún segmento del mismo.

En cuanto a los protocolos de rehabilitación en ACV, la mayoría se basan en el aprendizaje motor. Diferentes estudios llevados a cabo con animales sugieren que el aprendizaje motor favorece la aparición de dendritas, la formación de nuevas sinapsis, la modificación de las sinapsis existentes y la producción neuroquímica. Todos estos mecanismos favorecen la recuperación motora tras un ACV (1). Por otro lado, se conoce que este aprendizaje motor va a ser mayor si se practica de forma repetitiva e intensa. Un sistema robótico con velocidad de movimiento controlable y con capacidad de detección inteligente puede ser un instrumento auxiliar fundamental en fisioterapia ya que facilita la terapia basada en el aprendizaje motor, contribuyendo así a una mejor rehabilitación (12).

- **Robótica y rehabilitación**

Los primeros pasos hacia la fisioterapia apoyada con el uso de robots se llevaron a cabo en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) al final de la década de 1980, y los primeros ensayos clínicos se publicaron aproximadamente 10 años más tarde. Estos robots siempre estuvieron enfocados a la fisioterapia de hombro y de codo principalmente pero en los últimos 10 años se han desarrollado numerosos dispositivos robóticos para la recuperación de la función de la mano. Este avance es debido a la evidencia de que el entrenamiento de la mano produce una mejora tanto en la función de la mano como en la del brazo, a pesar de esto, hoy en día la mayoría de los robots están más centrados en el segmento proximal del brazo que en el distal (13).

Estos nuevos dispositivos pueden ser desde simples mecanismos que apoyan los movimientos conjuntos individuales de la mano hasta mecanismos con 18 grados de libertad (DOF) que pueden asistir los movimientos multiarticulares de la muñeca y de los dedos. Los resultados de los estudios clínicos realizados en ocho de cada 30 dispositivos indican que la rehabilitación de la mano asistida por robot reduce las deficiencias motoras de la mano afectada y el brazo, y mejora el uso funcional de la mano (14).

Las ventajas de la aplicación de terapia asistida por robot son que: permite la realización de movimientos de tareas específicas con muchas repeticiones lo que favorece la reorganización cortical y que permite realizar valoraciones rigurosas y objetivas del enfoque terapéutico a través de los diferentes datos que aportan acerca de la intervención del paciente (15).

Existe evidencia de que las intervenciones robóticas mejoran la fuerza y las puntuaciones motoras de las extremidades superiores, pero estas mejoras a menudo no se transfieren al desempeño de las actividades de la vida diaria (13).

La mayoría de los dispositivos robóticos aplicados en ensayos clínicos o en la práctica clínica ofrecen la posibilidad de seleccionar cuatro modalidades de entrenamiento: activo, activo- asistido, pasivo y resistido (TABLA I). Estos términos se refieren a modos de terapia convencionales utilizados en la práctica clínica y se refieren a la actividad del sujeto con el robot (13).

<b>Modalidades de entrenamiento en la terapia mediada por Robot en MS</b>	
<b>Modalidad</b>	<b>Especificaciones</b>
<i>Asistida</i>	Se requiere la actividad voluntaria del sujeto durante todo el movimiento. Los robots pueden ayudar ya sea desgravitando el miembro afecto o asistiendo el movimiento durante la realización de la tarea
<i>Activo</i>	El robot está siendo utilizado como un dispositivo de medición, sin proporcionar fuerza al miembro del sujeto
<i>Pasivo</i>	El robot realiza el movimiento sin tener en cuenta ninguna actividad del paciente
<i>Activo-asistido</i>	La asistencia por parte del robot se produce cuando el sujeto no ha sido capaz de realizarla activamente
<i>Resistido</i>	El robot ofrece una fuerza de oposición al movimiento

**Tabla 1: Modalidades de entrenamiento mediada por Robot en Miembro superior**

Algunos de los criterios metodológicos que han sido contrastados y que se repiten en diversos estudios y revisiones acerca de la fisioterapia en la rehabilitación neurológica destacan las siguientes necesidades:

- Dirigir los contenidos de los tratamientos a mejorar aquellas funciones motoras que sean relevantes o significativas para la vida del paciente.
- Basar la terapia en la práctica que debe de ser repetitiva y con una alta intensidad de la función que se desea recuperar.
- Proporcionar una correcta información sensorial.
- Facilitar la práctica de las tareas que queremos practicar mediante los medios técnicos necesarios.
- Practicar movimientos normales minimizando las compensaciones (mediante un correcto control postural) y que aporten retroalimentación en relación a la ejecución (16).

Teniendo en cuenta esto Choi Y, et al. 2011 (16) señalan que el diseño de los diferentes sistemas robóticos debería de tener en cuenta tres principios basados en la evidencia:

- Maximizar la participación activa del paciente, es decir, siempre y cuando sea posible se debe aprovechar el mínimo movimiento que presente el paciente y a partir de este potenciarlo.
- Practicar tareas que simulen ABVD.

- El entrenamiento debe de ser individualizado, es decir, debe de poder adaptarse a las características individuales de cada paciente permitiendo adaptar la dificultad de cada tarea de acuerdo con el nivel de habilidad y evolución del paciente.

Por otro lado, la necesidad de ofrecer programas de rehabilitación más allá de la estancia hospitalaria ha generado gran interés en la exploración de modelos de tecnología robótica para proporcionar rehabilitación en el domicilio. Esto es de particular importancia para evitar el uso no aprendido (LNU) en entornos menos supervisados que un hospital. El LNU es una conducta compensatoria común que afecta a la mayoría de los supervivientes del ACV y se manifiesta como un uso espontáneo y preferencial de la parte superior del brazo menos deteriorado a pesar de las ganancias funcionales existentes en el brazo más deteriorado. Después del alta de la rehabilitación hospitalaria, alrededor del 50% de los sobrevivientes del ACV seguirá experimentando discapacidad superior del brazo y por lo tanto se deben limitar conductas compensatorias como LNU con el fin de mantener o mejorar las ganancias motoras derivadas de la terapia para pacientes hospitalizados (17).

No obstante, hay varias cuestiones que todavía no están claras a la hora de considerar la aplicación de robots en fisioterapia para la rehabilitación del MS tras un ACV, por ejemplo, determinar el tiempo que debe de transcurrir después de un ACV para iniciar la rehabilitación, el estado del paciente, la intensidad y la frecuencia del tratamiento y la posibilidad de utilizar otras modalidades de fisioterapia durante el tratamiento (15).

## **OBJETIVO PRINCIPAL Y OBJETIVOS SECUNDARIOS**

Con la realización de esta revisión se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Objetivo principal:
  - Describir los efectos del uso de robots en la rehabilitación del miembro superior en pacientes con ACV.
- Objetivos secundarios:
  - Analizar los objetivos y metodología empleada a la hora de llevar a cabo la rehabilitación con robots en pacientes con ACV.
  - Conocer las características principales de los robots que se emplean para

realizar la rehabilitación del miembro superior en pacientes con ACV.

## HIPÓTESIS

La bibliografía refleja que la terapia asistida por robot en la rehabilitación del MS tiene efectos beneficiosos en la recuperación funcional del mismo, al permitir realizar tareas específicas con muchas repeticiones favoreciendo de este modo la reorganización cortical.

El resultado que se espera encontrar en la presente revisión sistemática es que la terapia asistida por robot en la rehabilitación del MS mejora la función del mismo produciendo a su vez mejoras en la fuerza y en las puntuaciones motoras principalmente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. *Tipo de estudio*

Se lleva a cabo una revisión sistemática cualitativa. Se entiende por **revisión sistemática de la literatura científica** un estudio pormenorizado, selectivo y crítico que trata de analizar e integrar la información esencial de los estudios primarios de investigación sobre un problema de salud específico, en una perspectiva de síntesis unitaria de conjunto (18).

#### *Fechas de consulta:*

Las búsquedas se han realizado entre el mes de marzo y abril de 2015 en las siguientes bases de datos:

- PEDRO, base de datos de fisioterapia
- MEDLINE, base de datos médica MEDLINE
- SCOPUS, base de datos producida por ELSEVIER

### 2. *Criterios de inclusión y de exclusión*

#### *2.1.1. Criterios de inclusión:*

- Estudios o revisiones sistemáticas en los que se estudie o evalúe el uso de robots en la rehabilitación del miembro superior en pacientes que han sufrido un ACV, o cuyo tema principal sea éste.

- Estudios o revisiones sistemáticas a las que se pueda tener acceso de forma gratuita o a través de los recursos de la biblioteca de la Universidad de la Coruña.
- Estudios o revisiones sistemáticas publicadas en los últimos 5 años, por lo tanto desde el 2010 hasta la actualidad.

#### *2.1.2. Criterios de exclusión:*

- Estudios o revisiones sistemáticas que no estén escritos en español, inglés o portugués.
- Estudios piloto o estudios de un solo caso.
- Estudios o revisiones que no describan el tipo de robot y las características del mismo.
- Estudios que utilicen términos que no se ajusten a las definiciones de las palabras clave.

### **3. Bases de datos empleadas y palabras clave**

La búsqueda se lleva a cabo en tres bases de datos MEDLINE-PUBMED (National Library of medicine, Estados Unidos), SCOPUS (Elsevier) y la base de datos de fisioterapia basada en la evidencia PEDRO (Apéndice II).

### **4. Estrategia de búsqueda**

#### *4.1.1. PUBMED:*

Para realizar la búsqueda se han empleado solo términos que se encuentran dentro del tesoro de PubMed Medical Subject Heading (MESH). Este tesoro es una lista específica de términos con un significado fijo e inalterable y de la cual se hace una selección al catalogar, resumir, indexar, o buscando libros, revistas como tema y otros documentos. Este control tiene por objetivo evitar la dispersión con temas relacionados con encabezamientos diferentes. La lista puede ser modificada o ampliada únicamente por el organismo editor o emisor (PubMed, 1996). Esto permite aumentar la eficacia de las búsquedas puesto que solo aparecen aquellos documentos que contengan los términos MESH que se han incluido en la búsqueda.

- Palabras clave- Términos MESH:

**Robotics** (robótica): La aplicación de sistemas de control electrónicos o computarizados para dispositivos mecánicos diseñados para llevar a cabo las funciones humanas. Anteriormente restringido a la industria, pero hoy en día se aplica a los órganos artificiales controlados por dispositivos biónicos (bioelectrónicos), bombas de insulina automatizadas y otras prótesis. Año de introducción: 1987.

**Stroke** (accidente cerebrovascular (ACV)): Un grupo de condiciones patológicas caracterizadas por la repentina pérdida, no convulsiva, de la función neurológica debido a la isquemia cerebral o hemorragias intracraneales. Se clasifica por el tipo de necrosis de los tejidos, localización anatómica, vasculatura implicada, etiología, edad del individuo afectado, y tipo de episodio (hemorrágico o no hemorrágico). (De Adams et al., Principios de Neurología, 6 ed, pp777-810). Año de introducción: 2008

**Upperextremity** (extremidad superior): La región de la extremidad superior en los animales, que se extiende desde la región deltoidea a la mano, y que incluye el brazo, la axila y el hombro. Año de introducción: 2003

**PhysicalTherapyModalities** (modalidades de fisioterapia): Modalidades terapéuticas utilizadas con frecuencia en la especialidad de fisioterapia, por terapeutas o fisioterapeutas para promover, mantener o restaurar el bienestar físico y fisiológico de una persona. Año de introducción: 2006

**Paresis**: término general que hace referencia a un grado leve ha moderado de debilidad muscular, utilizada ocasionalmente como sinónimo de hemiplejía perdida severa o completa de la función motora). Año de introducción de 1963.

- Caja de búsqueda:

((("Paresis"[Mesh]) AND "Upper Extremity"[Mesh]) AND "Stroke"[Mesh]) AND "Robotics"[Mesh]) AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh].

Resultados: 64.

- Límites:
  - Disponibilidad del texto: texto completo gratuito.
  - Fecha de publicación: 5 años.

- Idioma: inglés, español.

Al introducir estos límites los resultados se reducen de 64 a 10.

#### 4.1.2. SCOPUS

A diferencia de PUBMED, SCOPUS no tiene un tesoro propio por lo que se ha realizado una búsqueda empleando términos en lenguaje libre o natural (término propio del habla o de la escritura cotidiana (Estrada, 2006)) tomando como referencia los términos MeSH de la base de datos PubMed, de esta forma se pretende igualar los términos de la búsqueda.

- Palabras clave:

**Neurorehabilitation (neurorehabilitación):** término en lenguaje libre. Definido por la OMS como un proceso activo por medio del cual los individuos con alguna lesión o enfermedad neurológica pueden alcanzar la recuperación integral más óptima posible, que les permita su desarrollo físico, mental y social de la mejor forma, para integrarse en su medio ambiente de la manera más apropiada (OMS).

**Robotics** (robótica), **stroke** (accidente cerebrovascular), **upperextremity** (extremidad superior) y **physicaltherapymodalities** (modalidades de fisioterapia).

- Caja de búsqueda:

(TITLE-ABS-KEY (robotics) AND TITLE-ABS-KEY (stroke) AND TITLE-ABS-KEY (physical therapy modalities) AND TITLE-ABS-KEY (upper extremity)) AND PUBYEAR > 2009.Resultados: 35

- Límites:

- Disponibilidad del texto: texto completo gratuito.
- Fecha de publicación: 5 años.
- Idioma: inglés, español.

Al introducir estos los resultados se reducen de 35 a 30.

#### 4.1.3 PEDro:

Esta base de datos al igual que SCOPUS no posee un tesoro por lo tanto, para la búsqueda se tendrán en cuenta los términos MESH.

- Palabras clave:

**Robotics** (robótica), **stroke** (accidente cerebrovascular), **upperextremity** (extremidad superior).

- Caja de búsqueda:

Robotics AND stroke AND “upper extremity”

Resultados: 15

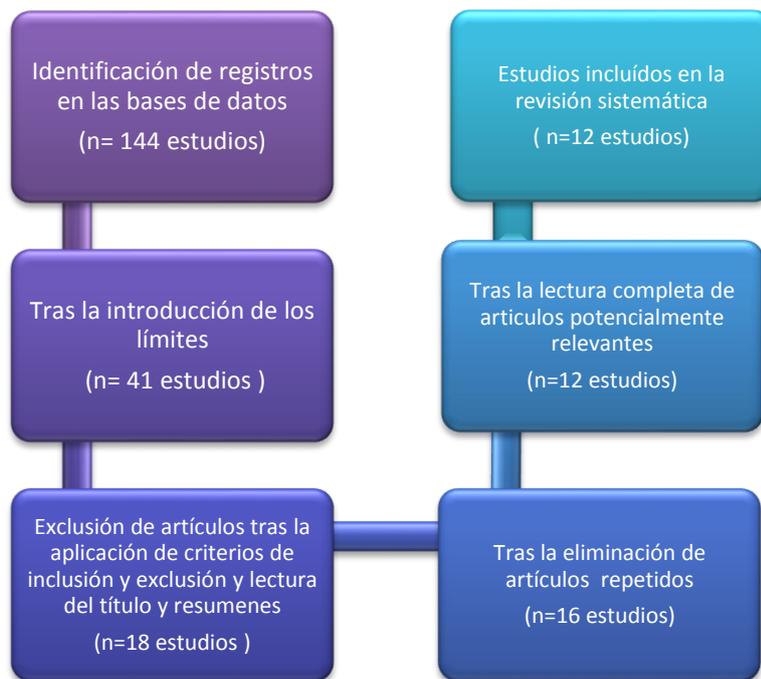
En esta base de datos no se pueden introducir los límites como en las bases de datos descritas anteriormente por lo que es necesario revisar manualmente cada uno de los artículos encontrados.

- Límites:
  - Disponibilidad del texto.
  - Fecha de publicación: 5 años.
  - Idioma: inglés y español.

Una vez revisados los resultados se reducen de 15 artículos a 1.

#### 4.2 Selección de resultados de la búsqueda

Tras la selección de los artículos potencialmente relevantes para la revisión se han introducido aquellos que cumplen los criterios en una tabla Excel ordenados por años de publicación desde el más actual al más antiguo. En la ilustración 1 se describe como se ha realizado la selección de los artículos incluidos finalmente en la revisión sistemática. Al mismo tiempo se ha llevado a cabo una revisión manual de artículos duplicados, artículos no científicos y aquellos cuyo contenido no tenga relación con el objetivo de la presente revisión.



**Ilustración 1: Descripción proceso selección de estudios**

Finalmente se han incluido en el análisis un total de 12 artículos divididos en estudios experimentales (7) y revisiones sistemáticas (5).

La tabla Excel recoge la siguiente información de los artículos:

a) Identificación del artículo:

- Caja de búsqueda
- Autor, año de publicación y título del artículo
- Título de la revista

b) Determinar la calidad del artículo:

- Número de citas: número de veces que un artículo ha sido citado en otros artículos.
- Factor de impacto (FI) Journal Citation Reports (JCR) obtenido a través de los recursos de la biblioteca de la Universidad de la Coruña.
- Identificación de acceso de forma gratuita o a través de los recursos de la biblioteca Universitaria de la UDC (Universidad de la Coruña).

c) Análisis de los resultados:

- Tipo de estudio: se han identificado los estudios como estudio preliminar, estudio pre-post test , estudio de caso, estudio no controlado, estudio controlado no aleatorizado, estudio controlado aleatorizado, revisión sistemática y meta-análisis. Los estudios también se han clasificado según el *North of England Evidence Based Guideline Development Project 1996*, que nos permite conocer el grado de evidencia de los artículos (Guerra, Martín y Santos, 2003).

North of England Evidence Based Guideline Development Project, 1996
Categorization de la evidencia
I: Ensayos clínicos controlados, metaanálisis o revisiones sistemáticas bien diseñadas
II: Estudios controlados no aleatorizados bien diseñados (cohortes, casos y controles)
III: Estudios no controlados o consenso

Tabla2: North of England Evidence Based Guideline Development Project 1996

- Objetivos principal del estudio o revisión.
- Tipo de robot empleado.
- Fase del ACV.
- Escalas valoración de resultados en los estudios experimentales.
- Muestra y duración de la intervención.
- Metodología empleada.
- Efectos: resultados obtenidos tras el empleo de terapia asistida por robot.

## RESULTADOS

### Estudios incluidos:

Los 12 artículos incluidos en la revisión se han analizado clasificándolos en estudios experimentales y revisiones sistemáticas.

#### **1. Análisis del tipo de estudio, tipo de robot, fase del ACV, la metodología y efectos de la aplicación de terapia asistida por robot en la rehabilitación del miembro superior tras ACV.**

Para realizar este análisis se describen las características de cada uno de los artículos de la revisión. A la hora de llevar a cabo el análisis se han confeccionado dos tablas con las variables a analizar, la primera de ellas analiza los estudios experimentales mientras que la segunda se centra en las revisiones sistemáticas.

##### 1.1. Estudios experimentales (TABLA III):

- Resultados estudios:

###### A) Nivel de evidencia:

Del total de los 7 estudios solo el realizado por Choi Y, et al., 2011 (16) es un estudio no controlado, el resto son estudios controlados aleatorios. Esto significa que teniendo en cuenta la *North of England Evidence Based Guideline Development Project*, 1996, el grado de evidencia de estos estudios es de I, siendo este el máximo grado. El estudio no controlado tiene un grado de evidencia II según esta clasificación, siendo menor que el resto de estudios.

###### B) Objetivos:

Los objetivos de los 7 estudios son diferentes pero todos evalúan el efecto de una intervención mediada por un robot en la rehabilitación del MS.

Únicamente tres de los artículos Sale P, et al., 2014 (19), Masiero S, et al., 2011 (20), Lo AC, et al. 2010 (21) compararan el uso de la rehabilitación mediada por robot con la terapia convencional para la rehabilitación del MS.

El estudio de Wu C, et al., 2012 (10) es el único que incluye la rehabilitación bilateral del brazo y realiza una comparación del entrenamiento bilateral del brazo (TBAT) con el entrenamiento bilateral de brazo asistido por robot (RBAT) y la terapia convencional, para identificar cuál de ellas mejora el control motor, el rendimiento funcional y la calidad de vida.

Además del estudio mencionado anteriormente, los realizados por Zollo L, et al., 2011 (22) y Lo AC et al., 2010 (21) hacen mención en su objetivo a la mejora del rendimiento funcional y la calidad de vida. El resto de los artículos no hacen alusión alguna a estos aspectos en su enunciado.

Por último, el estudio llevado a cabo por Ang KK, et al., 2014 (23) es el único que emplea a la vez la interacción cerebro máquina (BCI) con el uso de robot y Lo Ac et al.2010 es el único cuyo objetivo es el de determinar si la rehabilitación mediante robot puede producir mejoras a largo plazo.

#### C) Metodología :

Para realizar este análisis se van a tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La fase del ACV en la que se encuentran los pacientes.
- Las escalas que se emplean en los estudios.
- La duración de la intervención.
- La existencia de valoración previa, durante o post estudio del estado funcional de los pacientes a través de diferentes escalas.
- Las tareas solicitadas.

Centrándose en la fase del ACV, sólo 2 de los 7 artículos se centran en la fase aguda o subaguda tras el ACV, el resto se centran en la fase crónica.

En cuanto a las escalas de valoración empleadas en los estudios, todos tienen en común que emplean Fugl-Meyer- Assessment of Motor (FMMA) para evaluar la función motora tras un ACV. Posteriormente, en función del estudio emplean otro tipo de escalas a mayores, por ejemplo Sale P, et al. 2014 emplea la escala de Ashworth Modificada para hombro y codo (MAS-S, MAS-C) para medir la espasticidad, el rango total del movimiento pasivo hombro/codo (PROM) así como el Índice de motricidad (IM) empleado para valorar la función física.

Masiero S, et al., 2011 (20) incluye la medida de independencia funcional (FIM), para evaluar el grado de independencia funcional, la escala modificada de Ashworth (MAS) y la prueba de Frenchay (FAT), para evaluar el uso de la mano y del brazo pléjico.

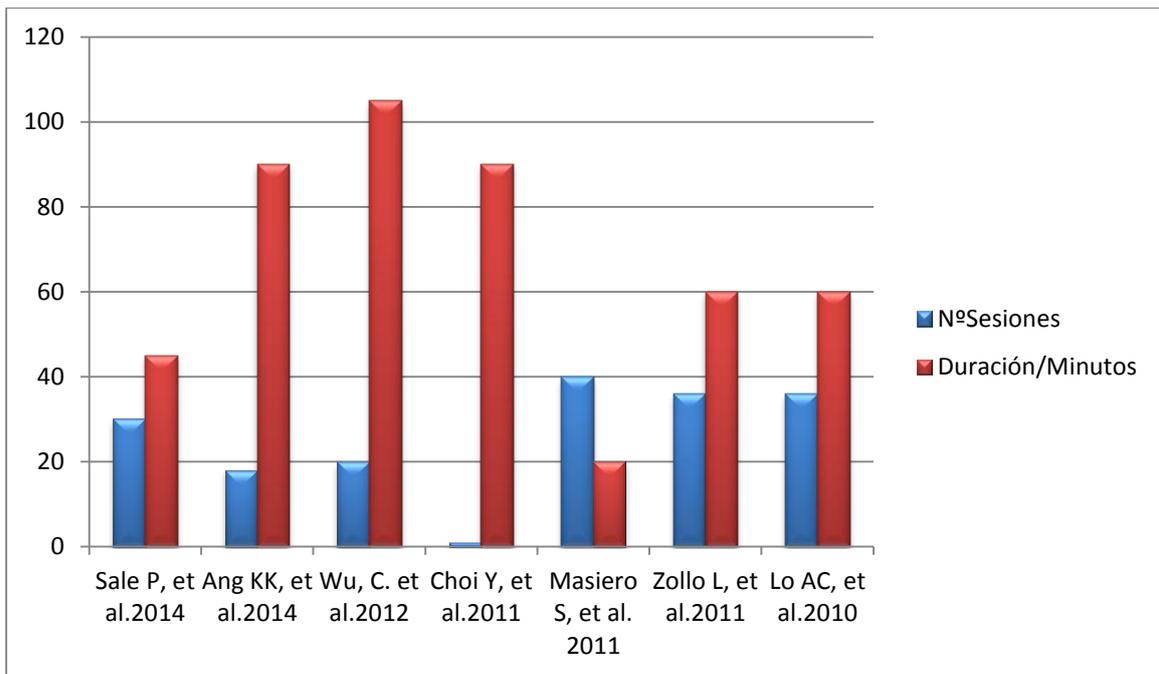
Wu C. et al., 2012 (10), utiliza el Motor Activity Log que consiste en una entrevista semi-estructurada para evaluar la función del brazo y una escala para valorar el impacto del ACV (SIS). La escala SIS contiene 54 ítems agrupados en 8 dominios: fuerza, función manual, movilidad, actividades básicas/instrumentales de la vida diaria, emoción, comunicación, menoría y participación social.

Lo Ac, et al., 2010 (21) emplea la escala MASH. Solo Ang KK, et al., 2014 (23) y Choi Y, et al., 2011 (16) emplean el FMA como única escala.

La muestra es muy dispar en cada estudio, existiendo variaciones sustanciales entre ellos. El estudio que menos pacientes incluye es el de Choi Y, et al., 2011 (16) con 5 participantes y el que más pacientes incluye es el realizado por Lo AC, et al., 2010 (21) con 127.

La ilustración 2 recoge el número de sesiones y la duración de las mismas. Se puede apreciar que solo Choi Y, et al., 2011 (16) y Wu, C. et al., 2012 (10), realizando 1 y 18 sesiones respectivamente, se encuentran por debajo de las 20 sesiones. El resto de los estudios se encuentran por encima de este número, llegando a su valor máximo con las 40 sesiones (20).

En cuanto a la duración de la sesión, cuatro de los estudios tienen una duración mayor o igual a 60 minutos y únicamente el estudio de Wu C. et al., 2012 (10) presenta una duración superior a los 90 minutos. Por otro lado, el estudio de Masiero S, et al., 2011 (20) es el que menor tiempo de intervención tiene con 20 minutos de duración y a este le sigue el estudio de Sale P, et al., 2014 (19) con 45 minutos de intervención.



**Ilustración 2: Número de sesiones asistidas por robot y duración de las mismas**

En lo referente a la metodología, en todos los estudios los pacientes son designados de manera aleatoria al grupo experimental y al grupo control. Además, los evaluadores/terapeutas, son seleccionados también aleatoriamente, y no son conocedores del grupo al que pertenece cada participante a la hora de aplicar las escalas. Tampoco se especifica el nivel de experiencia del evaluador/terapeuta en aplicar este tipo de escalas.

El estudio realizado por Choi Y, et al., 2011 (16) es el único que pretende determinar la viabilidad de un robot sin tener un grupo control.

Solo en los estudios realizados por Sale P, et al. 2014 (19), Choi Y, et al., 2011 (16), Masiero S, et al., 2011 (20) se lleva a cabo una evaluación previa y posterior a la intervención. Sale, et al., 2014 (19) realiza además una evaluación a las 15 sesiones (mitad de tratamiento) y Masiero S, et al., 2011 (20), lleva a cabo una evaluación al final del tratamiento y transcurridos tres meses de la finalización del mismo.

En cuanto a la terapia convencional, sólo el estudio de Ang KK, et al., 2014 (23) describe de manera concisa en qué consiste la misma, mientras que en el resto de los estudios esta información no se facilita. En dicho estudio, se emplean tres grupos de pacientes, por un lado se encuentra el grupo BCI (Brain Computer Interface) -Haptic Konb (HK), por otro lado el grupo de Haptic Konb (HK) y por último el grupo SAT (Terapia estándar para brazo).

Los protocolos y segmentos del MS implicados son diferentes en todos los estudios. El segmento depende del tipo de robot que se utilice en los estudios. Solo en los estudios llevados a cabo por Sale P, et al., 2014 (19), Zollo L, et al., 2011 (22) y Lo Ac, et al., 2010 (21) se emplea el mismo robot, pero el protocolo realizado es diferente.

Autor/año	Tipo de estudio	Objetivo	Tipo de robot	Muestra	Evaluación	Duración	Metodología	Resultados
Sale P, et al., 2014	Controlado aleatorio	Evaluar efectos del tratamiento del MS proximal con T.R asistido en pacientes con <b>ACV subagudo</b> , en comparación con la TC	MIT-MANUS-INMOTION 2	53. 26 (GC), 27 (GE)	FMA, MAS, PROM, MI	30 S. de 45´ de T.R. o T.C	Pre-test 15 S y 30 S. 16 repeticiones sin ayuda, 3 series de 320 repeticiones asistidas. Final serie deadaptación:16 movimientos sin ayuda a la derecha	T.R.↑función motora del MS. FM y MI > en GE que en GC tras 15 sesiones. Espasticidad ↓ en GE que en GC. ↑FM y IM tras 30 S. T. R.↑ el rendimiento motor en un corto periodo de tiempo comparado T.C.I.
Ang KK, et al., 2014	Controlado aleatorio	Investigar eficacia de BCI junto con HK para la rehabilitación del brazo en pacientes con <b>ACV crónico</b>	Haptic Konb	21	FMA	18 S. de 60´-90´	Grupo BCI-HK: 1 h. Grupo HK: 1 h. 120 ensayos con robot asistiendo agarre mano seguido de 30´ movimiento asistido por fisioterapeuta. Grupo SAT: 1,5 h. Cinesiterapia asistida, pronosupinación, antebrazo con funciones de control de muñeca y liberación	FMMA ↑ en todos los grupos sin ≠ significativas en mediaciones de seguimiento en BCI-HK, en comparación con SAT, las ganancias con el HK no defirieron en el grupo SAT en cualquier punto. BCI-HK mejora recuperación motora en ACV en combinación con movilización asistida del brazo por fisioterapeuta

<b>Wu, C. et al.,2012</b>	Controlado aleatorio	Comparar eficacia TBAT, RBAT y T.C en el control motor, el rendimiento funcional y C.V después de <b>ACV crónico</b> .	BI-MANU-TRACK	42	FMA, Motor Activity Log, SIS	20 S. de 90-105´	Pulsar timbre escritorio unilateralmente Abrir cajón con lado afecto y con el lado no afecto coger del interior una caja de lentes.	↑FMA con CV, TBAT y RBAT. TBAT ↑eficiencia temporal, suavidad, movimiento del tronco más recto y ↓compensación del tronco. RBAT ↑ flexión de hombro. RBAT ↑subescala fuerza, dominio de función física y puntuación total en SIS que en CT.
<b>Choi Y, et al.,2011</b>	No controlado	Determinar la viabilidad del sistema ADAPT en <b>ACV crónico</b>	ADAPT	5	FMA	1 sesión de 90´	Pre-test y pos-test. 6 tareas sin retroalimentación para establecer nivel inicial. Selección 4 / 6 tareas para entrenamiento.	ADAPT: viable para rehabilitación MS post ACV. Tiempo realización tareas ↓1 h del pre-test al post-test. Tareas funcionales simuladas similares a las tareas reales
<b>Masiero S, et al.,2011</b>	Aleatorio controlado	Protocolo con Nerebot para rehabilitación del MS empleando el 35% TT de tratamiento. Comparar efectividad en relación con la TC en <b>ACV agudo</b>	NEREBOT	21	FMA, FIM, MAS, FAT	25 S. <u>G.E</u> : 40´ con robot dividido en 2 sesiones de 20´ <u>G.C</u> : 80´ CT	Pre-post test, y 3 meses post tratamiento. Realizar 5 /7 ciclos de ejercicios de 3´aprox. y descanso de 30-60.	Mejoras en G.E y G.C en escalas funcionales y de control motor. ↑ fuerza, ↓alteraciones motoras e hipertensión. Mejoras en ABVD y destrezas. Rehabilitación del MS con TR tan eficaz como TC.

<p><b>Zollo L, et al.,2011</b></p>	<p>Aleatorio controlado</p>	<p>Realizar evaluación cuantitativa del control motor en el MS en la rehabilitación asistida por robot en <b>ACV crónico</b></p>	<p>MIT-MANUS-INMOTION 2 INMOTION 3</p>	<p>24</p>	<p>FMA, PM</p>	<p>36 sesiones. 18 s con INMOTION 2 y 18 con INMOTION 3. Sesión de 60'</p>	<p>Ejercicios pasivos/resistidos con INMOTION 2. 5 bloques no asistidos de 16 movimientos. 1 bloque de 16 movimientos resistidos. 1 bloque de 20 movimientos punto a punto no asistidos. GC 1 bloque de 20 movimientos punto a punto.</p>	<p>TR ↑ FM y MP desde ingreso a alta. Mejora en trayectorias lineales. ↑ Capacidad de extender el brazo hacia metas distales. ↑ Global de la cinemática y el rendimiento mecánico. ↑ Fuerza total y trabajo total dirigido al objetivo en el movimiento, debido a la mejora combinada de dirección de movimiento y a la regulación de la fuerza.</p>
<p><b>Lo AC, et al.,2010</b></p>	<p>Multicéntrico aleatorizado</p>	<p>Determinar si protocolo con MIT-Manus, mejora el funcionamiento y C.A tras ACV a largo plazo en MS en comparación con T.C en <b>ACV crónico</b></p>	<p>MIT-MANUS INMOTION 2 INMOTION 3</p>	<p>127</p>	<p>FMA, MAS, SIS</p>	<p>36 S de 60'.</p>	<p>4 bloques de 3 semanas cada uno: 1-robot hombro/codo entrenamiento planar. 2-dispositivo antigraedad hombro/ agarre mano. 3-robot muñeca. 4- uso 3 dispositivos. T.C.I: técnicas rehabilitación convencional,</p>	<p>12 semanas: FMA mejor con T.R. que T.H, peor que con T.C.I ≠ no significativas. Resultados SIS significativamente mejores T.R que T.H. Análisis secundarios: T.R mejoró los resultados de más de 36 semanas en comparación con T.H, pero no con T.C.I</p>

Nota: T.R: Terapia con Robot, T.C: Terapia convencional, TCI: terapia convencional intensiva, T.H: terapia habitual, S: sesiones, C.A: calidad de vida, ACV: accidente cerebrovascular, GC: grupo control, GE: grupo experimental, FMA: Fugl-Meyer Assessment of Motor, PROM: rango pasivo de movimiento, MAS: escala modificada de Ashwort, MI: índice de motricidad, BCI: Brain Computer interface, HK: Haptic Knob, SAT: standart arm therapy, TBAT : entrenamiento bilateral de brazo, RBAT: entrenamiento bilateral de brazo asistido por robot, T.T: tiempo total, Sem: semana.

**Tabla 3: Análisis resultados estudios**

#### D) Tipos de robots.

Otro de los objetivos de esta revisión es conocer las características principales de los robots que se emplean para la rehabilitación del MS en pacientes con ACV. En la siguiente tabla (TABLA IV) se recogen las características principales de los diferentes robots que se han empleado en los estudios, DOF, segmento del brazo implicado, modalidad de entrenamiento y una imagen del mismo.

El robot MIT-MANUS es empleado en los estudios realizados por Sale P, et al., 2014 (19), Zollo L, et al., 2011 (22) y Lo Ac, et al., 2010 (21), mientras que en los 4 estudios restantes se emplean robots diferentes. Los robots ADAPT, HAPTIC KONB y THERAPUTIC ROBO se centran en la rehabilitación de la muñeca, el BI-MANU-TRACK en la rehabilitación del antebrazo y la muñeca, el NEREBOT en la rehabilitación del hombro y el codo y el MIT-MANUS/INMOTION 2/INMOTION 3 en la rehabilitación de las tres articulaciones, hombro, codo y muñeca.

HAPTIC KONB, BI-MANU-TRACK y el MIT-MANUS/INMOTION 2/INMOTION 3 presenta dos grados de libertad de movimiento, ADAPT y NEREBOT presentan 3 grados de libertad de movimiento y THERAPUTIC ROBO presenta cinco grados de libertad de movimiento.

Centrándose en el modo de entrenamiento, todos presentaban el modo asistido y activo de entrenamiento, 3 presentan además el modo pasivo y 4 de los robots el modo resistido. Sale P, et al., 2014 (19), en su estudio emplea el robot MIT-MANUS/INMOTION 2 y en su metodología emplea el modo asistido y asistido. Ang KK, et al., 2014 (23) utiliza para su estudio el robot HAPTIC KONB y el modo de entrenamiento utilizado es activo-asistido. En el estudio no controlado realizado por Choi Y, et al., 2011 (16), se utiliza el robot ADAPT pero no describe qué modo de entrenamiento emplea.

Masiero S, et al., 2011 (20) utiliza el robot NEREBOT en su estudio y aunque no explica específicamente el tipo de entrenamiento que lleva a cabo, se puede concluir que emplea el modo asistido y el modo activo, ya que los pacientes tienen que tener una mínima capacidad de movimiento en su MS afecto para poder realizar la terapia con este robot. Por lo tanto, siempre que sea posible aquellos pacientes que puedan realizar el movimiento activo lo realizarán de forma activa y en caso necesario se le asistirá el movimiento.

Zollo L, et al., 2011 (22) emplea el robot MIT-MANUS/INMOTION 2-INMOTION 3, el modo de entrenamiento que usa es el activo y el resistido.

Lo AC, et al., 2010 (21) emplea el robot MIT-MANUS y el modo de entrenamiento asistido es utilizado cuando los pacientes no pueden iniciar o completar el movimiento.

Finalmente Wu C. et al.2012 (10) utiliza el robot BI-MANU-TRACK pero no describe el modo de entrenamiento que emplea.

#### E) Efectos del uso de robots.

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Sale P, et al., 2014 (19) señalan que el uso de robot para la rehabilitación del MS mejora la función motora en el brazo afecto del paciente tras un ACV, produciendo mejoras en FMA y MI en relación con el grupo control. También provoca una disminución de la espasticidad medida mediante la escala de Ashworth modificada. Este estudio concluye que el tratamiento asistido por robot aplicado en la fase subaguda mejora el rendimiento motor en un corto periodo de tiempo comparado con la terapia intensiva habitual.

El estudio realizado por Masiero S, et al., 2011 (20) muestra, al igual que en el estudio anterior, que el empleo de robots en la rehabilitación del MS produce mejoras en la fuerza, disminuye la espasticidad, disminuye las alteraciones motoras y puede ser empleada con éxito en la fase aguda, siendo por lo tanto igual de eficaz que la terapia convencional.

Estos resultados son reforzados por el estudio de Zollo L, et al., 2011 (22), en el que se muestra que la terapia asistida por robot mejora la FMA y el MP (Motor Power) desde el ingreso al alta hospitalaria, produciendo mejoras hacia trayectorias más lineales y en la capacidad de extender el brazo hacia objetivos más distales, así como una mejora en la dirección del movimiento y regulación de la fuerza.

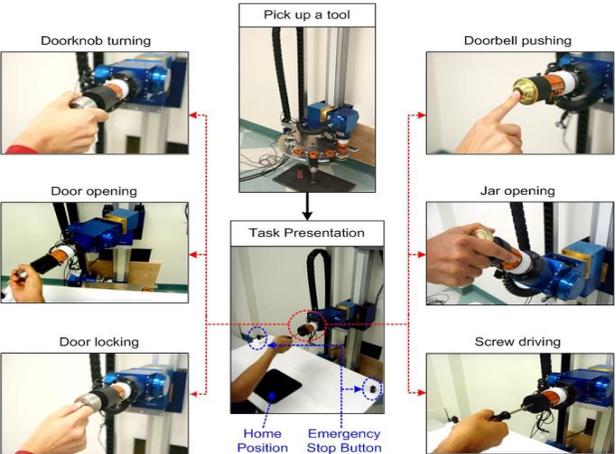
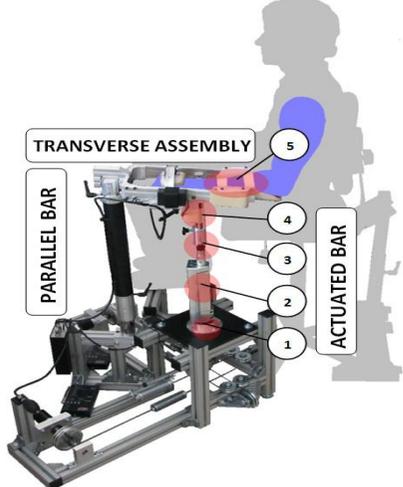
Es interesante tener en cuenta los resultados del estudio realizado por Lo AC, et al., 2010 (21), ya que es el único que pretende ver los efectos de la terapia asistida por robot a largo plazo. Sus resultados muestran que los resultados de la FMA a las 12 semanas son mejores en los pacientes que reciben terapia asistida por robot que en los pacientes que reciben terapia habitual, pero peores que los que reciben terapia intensiva. En cuanto a los resultados de la escala de impacto del ACV, estos fueron significativamente mejores para los pacientes que recibieron terapia asistida por robot en comparación con el grupo de terapia habitual. En

análisis secundarios, la terapia asistida por robot mejoró los resultados a las 36 semanas en comparación con la intervención habitual, pero no con la terapia asistida.

Otros resultados a tener en cuenta son los obtenidos Ang KK, et al., 2014 (23), ya que es el único estudio cuyo objetivo es investigar la eficacia de la interacción cerebro máquina junto con el robot Haptic Konb (HK) para la rehabilitación del MS en pacientes con ACV. El estudio concluye que la FMA mejora en todos los grupos pero sin diferencias significativas. Se obtuvieron mayores ganancias en el grupo BCI-HK que en el de terapia estándar para la rehabilitación del brazo. El BCI-HK, es eficaz, seguro y puede tener el potencial para mejorar la recuperación motora en el ACV cuando se combina con la movilización asistida del brazo por parte del fisioterapeuta.

Únicamente el estudio hecho por Wu C. et al., 2012 (10) enfoca el tratamiento de forma bilateral. Se compara la eficacia de la terapia del entrenamiento bilateral de brazo (TBAT) con el entrenamiento bilateral de brazo asistido por robot (RBAT) y con un entrenamiento de control (CT) con el fin de observar mejoras en el control motor, el rendimiento funcional y la calidad de vida después del ACV. Los resultados muestran que la TBAT mejora la eficiencia temporal, mejora el control del movimiento, consigue un movimiento de tronco más recto y disminuye las compensaciones del mismo en relación a la CT y RBAT. Tanto la TBAT como la RBAT aumentaron la puntuación del FMA en la parte distal de MS en relación con la CT. Por otro lado la RBAT aumento la flexión de hombro en comparación con las otras terapias y en la SIS consigue un aumento de la subescala de fuerza y dominio de la función física.

Por último, el estudio realizado por Choi Y, et al., 2011 (16) muestra que el robot ADAPT es viable para la rehabilitación del MS en pacientes con ACV y que el tiempo para la realización de las tareas es mayor en el pre-test que en el post-test. Por otro lado los participantes mostraron su satisfacción a la hora de emplear este robot al interactuar sin problema con el mismo entendiendo en todo momento las explicaciones visuales y auditivas proporcionadas y consideraron que las tareas simuladas por el robot son bastante similares a las tareas reales.

ROBOT	Descripción	Segmento brazo	Modalidad entrenamiento	Imagen
<p><b>ADAPT</b></p>	<p>3 DOF en la muñeca, montado sobre un actuador lineal (dispositivo que convierte el movimiento de rotación de un motor de corriente continua de baja tensión en un movimiento lineal) con 1 DOF.</p> <p>4 herramientas de trabajo: Pomo de puerta, Timbre, Tarro, Destornillador</p> <p>Permite realizar 6 tareas que simulan las ABVD.</p> <p>Herramientas dispuestas en un bastidor, el robot recoge una herramienta para una tarea funcional seleccionada.</p>	<p>Muñeca</p>	<p>Activo, resistido</p>	
<p><b>HAPTIC KNOB</b></p>	<p>2 DOF con interfaz (permite agarrar la mano y manipular el mando).</p> <p>Permite cambiar el mango adaptándose a los diferentes tamaños de la mano, dedos y a los pacientes (ACV derecho o izquierdo).</p> <p>Modo brazo: el sujeto puede realizar movimientos casi planos (desplazamiento vertical máximo mano &lt; 3 cm).</p> <p>Modo muñeca: 2 DOF (prono/supinación) dependiendo de la orientación del mango realizara prono/supinación, flexión/extensión, desviación cubital/radial y prono/supinación.</p>	<p>Muñeca</p>	<p>Activo, Asistido</p>	

**BI-MANU-  
TRACK**

2 DOF: pronación-supinación de antebrazo y flexión-extensión de muñeca.

*Modo pasivo –pasivo:* los dos brazos se mueven de forma pasiva por la máquina.

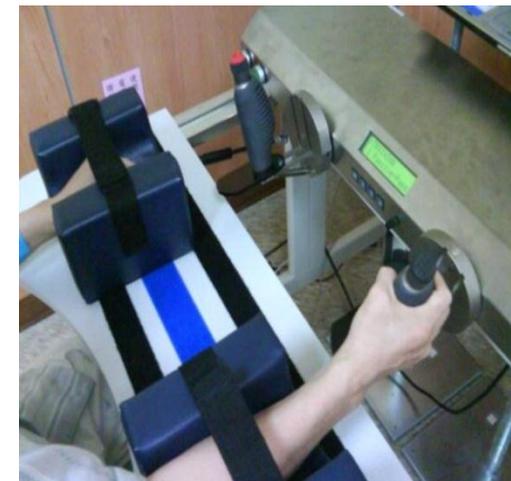
*Modo pasivo activo:* brazo no afecto conduce el brazo afecto de forma simétrica.

*Modo activo-activo:* los dos brazos se mueven de forma activa mediante la superación de una resistencia.

Proporciona un entrenamiento del movimiento distal, caracterizado por una velocidad constante y un número alto de repeticiones en modo pasivo o activo, que restablece el patrón de movimiento normal mediante el aumento de la calidad y cantidad de información sensorio motora.

Antebrazo,  
Muñeca

Pasivo, Pasivo-  
Activo, Resistido



**MIT-MANUS/  
INMOTION 2-  
3**

2 DOF para el hombro (abducción/aducción) y codo (flexión/extensión).

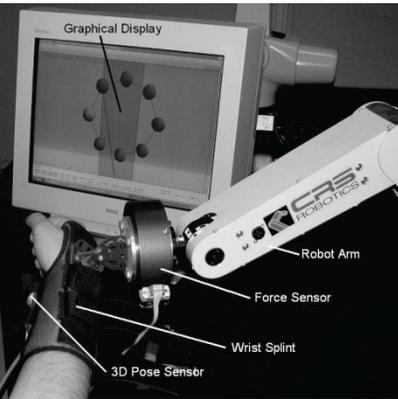
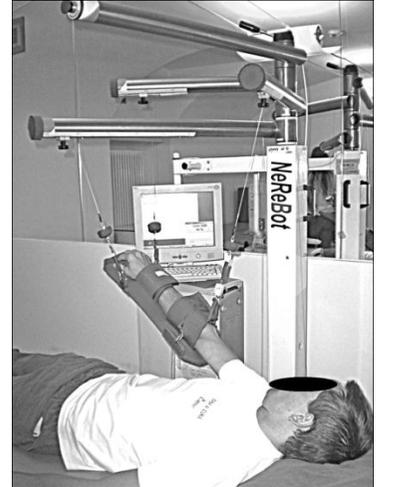
Codificadores en cada motor y sensores de 6 ejes en el efector final del robot, miden posiciones conjuntas y fuerzas de interacción.

Asiste el movimiento del MS durante la ejecución de trayectorias planares, imita la interacción con el terapeuta a través de los parámetros de control. Feedback visual cada 80 movimientos basado en el rendimiento motor de los pacientes. Immotion 3 tiene 3 DOF en la muñeca permitiendo flexión-extensión, abducción-aducción y prono-supinación de la muñeca.

Hombro, codo,  
muñeca

Pasivo, Asistido,  
Resistido



<p><b>THERAPUTIC ROBOT</b></p>	<p>Robot industrial de 5 DOF convertido en un robot para la rehabilitación del MS, al que se añadió un sensor de fuerza de 6 DOF.</p> <p>Tiene dos sensores 3D Space que facilitan el seguimiento y la orientación del antebrazo y la parte superior del brazo</p>	<p>Muñeca</p>	<p>Pasivo, Activo-Asistido, Activo Restringido, Activo</p>	
<p><b>NEREBOT</b></p>	<p>3 DOF para la rehabilitación de MS que se puede emplear en fase aguda.</p> <p>Ayuda a realizar movimientos espaciales de flexión/extensión, pronación/supinación en el codo, aducción/abducción, flexión/extensión y circunducción de hombro.</p> <p>Proporciona retroalimentación visual y auditiva. Un estímulo auditivo indica el comienzo y el final de cada ejercicio. La retroalimentación visual consiste en una imagen estática 3D de un MS virtual en el que tres flechas muestran la dirección deseada del movimiento del brazo</p>	<p>Hombro, Codo</p>	<p>Asistido, Activo</p>	

Nota: DOF: Grado de libertad de movimiento, ABVD: Actividades Básicas de la vida diaria, ACV: Accidente Cerebrovascular, MS: Miembro superior

**Tabla 4: Tipos de robots**

## 1.2. Revisiones sistemáticas:

La razón de incluir en esta revisión el análisis de revisiones sistemáticas es la necesidad de conocer el estado de conocimiento de la robótica y la rehabilitación del MS y tener una visión global acerca del mismo.

El análisis de estas revisiones se centra principalmente en dos aspectos, por un lado en los objetivos de las mismas y por otro en los resultados obtenidos en ellas. En la tabla V se recoge el análisis que se ha realizado de las diferentes revisiones.

### A) Objetivos.

Los objetivos de las 5 revisiones sistemáticas son completamente diferentes. En la revisión realizada por Basteris A, et al., 2014 (13) el objetivo principal es analizar la interacción entre el sujeto y el robot además de realizar una clasificación del tipo de intervención que se realiza con el robot.

El objetivo de la revisión realizada por Loureiro et al., 2011 (17), es analizar el panorama actual en el uso de robots para la rehabilitación del MS tras un ACV y conocer los requisitos técnicos de los dispositivos de la terapia robótica que conducen al desarrollo de técnicas de rehabilitación del MS que facilitan la recuperación del tacto, el control motor fino y los movimientos de toda la extremidad superior. La revisión de Peter O, et al., 2011 (15) en contraposición a la de Loureiro et al., 2011 (17) se centra más en las principales características de los ensayos con respecto a la descripción de los métodos, el tiempo transcurrido tras el ACV, inclusión de los pacientes en el tratamiento y escenarios de intervención. Cabe destacar la revisión realizada por Balasubramanian S, et al., 2010 (14), ya que es la única revisión que se centra en la mano, teniendo como objetivo revisar la literatura existente sobre la rehabilitación de la mano asistida por robot.

Por último, la revisión llevada a cabo por Hayward K, et al., 2010 (24), tiene por objetivo investigar el efecto de las intervenciones que promueven la recuperación de la extremidad superior en los supervivientes de un ACV con paresia severa.

Autor/Año	Objetivo	Resultados
<b>Basteris A, et al., 2014</b>	Analizar la interacción entre sujeto y robot. Realizar una clasificación del tipo de intervención que se realiza con el robot	T.R centrada en fase crónica y segmento proximal del brazo. Tareas estimulantes que simulen ABD que favorezcan el reaprendizaje. Resultados en función de la función motora no sobre la actividad funcional. Empleo de diversas modalidades de entrenamiento. Necesidad de investigación sobre las diferentes modalidades de entrenamiento para saber cuál es la más eficaz.
<b>Loureiro RCV, et al.,2011</b>	Conocer el panorama en el uso de robots para la rehabilitación del MS tras un ACV.  Conocer los requisitos técnicos de los dispositivos de terapia robótica que conducen al desarrollo de técnicas de rehabilitación del MS que facilitan la recuperación del tacto, control motor fino y los movimientos de todo el MS	Necesidad de desarrollar robots para todo MS y sistemas de rehabilitación para el hogar. T.R: ↑ fuerza en brazo afecto, no beneficios en las actividades de la vida diaria. T. R: ↑ nº de repeticiones en brazo y mano, ↑práctica de movimiento sin asistencia activa de fisioterapeuta, mejora el estado emocional y la motivación del paciente.
<b>Péter O, et al.,2011</b>	Conocer las características de los ensayos con respeto a la descripción de los métodos, tiempo transcurrido desde el ACV hasta la inclusión de los pacientes en el tratamiento y escenarios de intervención	Terapia Robótica: mejora las puntuaciones motoras No se establece la mejor fase para aplicar la terapia asistida por robot. Necesidad de aplicar métodos biomecánicos normalizados. Emplear mismas escalas de valoración.
<b>Balasubramanian S, et al.,2010</b>	Revisar la literatura sobre la rehabilitación asistida por robot de las funciones de la mano.	T. R: reduce deficiencias motoras del MS medido por FMA en hombro y codo principalmente, mejora el uso de la extremidad superior. Necesidad de investigaciones clínicas sistemáticas para poder extraer conclusiones definitivas acerca de la eficacia de la terapia robótica.
<b>Hayward K, et al.,2010</b>	Investigar el efecto de las intervenciones que promueven la recuperación del MS en los supervivientes de un ACV con paresia severa	T.R: ↓ limitaciones, ↑ actividad MS proximal en pacientes con ACV severa. T.R: evidencia limitada de que ↓ deficiencias en ACV con paresia severa. No evidencia de mejora en las actividades de la vida diaria

Nota: T.R: terapia robótica, MS: miembro superior, ACV: accidente cerebrovascular.

**Tabla 5: Análisis resultados revisiones sistemáticas**

## B) Resultados.

Los resultados de la revisión realizada por Basteris A, et al., 2014 (13) ponen de manifiesto que la terapia mediada por robot se ha centrado sobre todo en sujetos en fase crónica y en el segmento proximal a pesar de la evidencia de que el entrenamiento de la mano se acompaña de mejoría tanto en la función de la mano como en el brazo. El entrenamiento post ACV debe de incluir tareas funcionales y estimular de este modo el reaprendizaje motor.

En cuanto a las diferentes modalidades de entrenamiento con robot definidas anteriormente en la Tabla 1, se prefieren las interacciones humano robot debido a que la reorganización cortical se asocia con la tarea específica activa, repetida y práctica.

Siguiendo esta línea, la revisión realizada por Loureiro RCV, et al., 2011 (17) señala en sus resultados que un aspecto fundamental de la terapia asistida por robot en comparación con otras terapias es el aumento del número de repeticiones en el brazo y la mano y la práctica de movimiento sin asistencia de un terapeuta.

En cuanto a los resultados, todas las revisiones destacan que están medidos en relación con la función motora no sobre la actividad funcional (13), por lo tanto la terapia motora asistida por robot mejora la fuerza del brazo afecto (17), mejora las puntuaciones motoras y reduce la espasticidad (15), pero no se han obtenido importantes beneficios en la realización de las ABVD. Esto ya se refleja en la revisión realizada por Hayward K, et al., en 2010 (24), en la cual destaca que no existe evidencia de que la terapia con robots aumente el uso de brazo en las tareas cotidianas ya sean dispositivos robóticos proximales o distales.

Los resultados obtenidos en la revisión de Balasubramanians S, et al. 2010 (14), muestran que la terapia de la mano asistida por robot produce una reducción de las deficiencias motoras de las extremidades superiores, localizadas sobre todo en el hombro y codo y una mejora del uso de la extremidad superior. En esta revisión también destaca la importancia de que los ingenieros tengan en cuenta las capacidades de los pacientes, la integración de la retroalimentación de los terapeutas durante todas las etapas y realizar revisiones periódicas del diseño.

Solo la revisión llevada a cabo por Loureiro RCV, et al., 2011 (17) habla acerca de la rehabilitación mediante robots en el hogar. Lo que se pretende con este tipo de terapia es que los pacientes puedan seguir con el tratamiento en casa y evitar que el paciente use cada vez menos su brazo afecto ya que este no se encuentra completamente restablecido. Se persigue

además que los pacientes mantengan o mejoren las ganancias motoras y cambios neuronales resultantes de la terapia recibida durante la fase hospitalaria. Esta revisión tiene otra característica que la diferencia de la demás, puesto que realiza una descripción de los diferentes tipos de robots que se están utilizando hasta este momento en la rehabilitación del MS. Esto tiene como fin conocer los requisitos técnicos de los dispositivos robóticos que conducen al desarrollo de técnicas de rehabilitación del MS.

## 2. Análisis de los resultados.

### 2.1.1. Análisis de la calidad de los artículos:

La calidad de los artículos se determina en función del número de citas que recibe el artículo y el FI de la revista en la que se publican.

### 2.1.2. Factor de impacto.

El FI mide la repercusión que ha obtenido una revista en la comunidad científica. Se basa en el cálculo del número de veces en que los artículos publicados en un periodo de dos años en una revista determinada han sido citados por las publicaciones a las que se les da seguimiento a lo largo del siguiente año. En esta revisión se emplea el *Journal Citations Reports (JCR)*. Este es un índice de calidad relativo (ICR) que establece ranking de revistas en función de la métrica obtenida.

La ilustración 3 muestra que a excepción del artículo publicado en la revista *Frontiers in Neuroengineering* (23) que no tiene factor de impacto y el artículo publicado en la revista *International Journal of Rehabilitation Research* (20) con un factor de impacto de 1.14, el resto de artículos) publicados en las diferentes revistas (19) (16) (22) (10) (13) (17) (15) (14) (24) tienen un factor de impacto mayor o igual a 1.4. El artículo publicado en la revista *New England Journal of Medicine* (21) presenta el mayor factor de impacto de 54.42.

Algunas de las revistas han publicado más de uno de los artículos seleccionados de hecho, dos artículos han sido publicados en la revista *Medical and Biological Engineering* (22) (17) *and Computing* y tres en la revista *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (13) (19) (16).

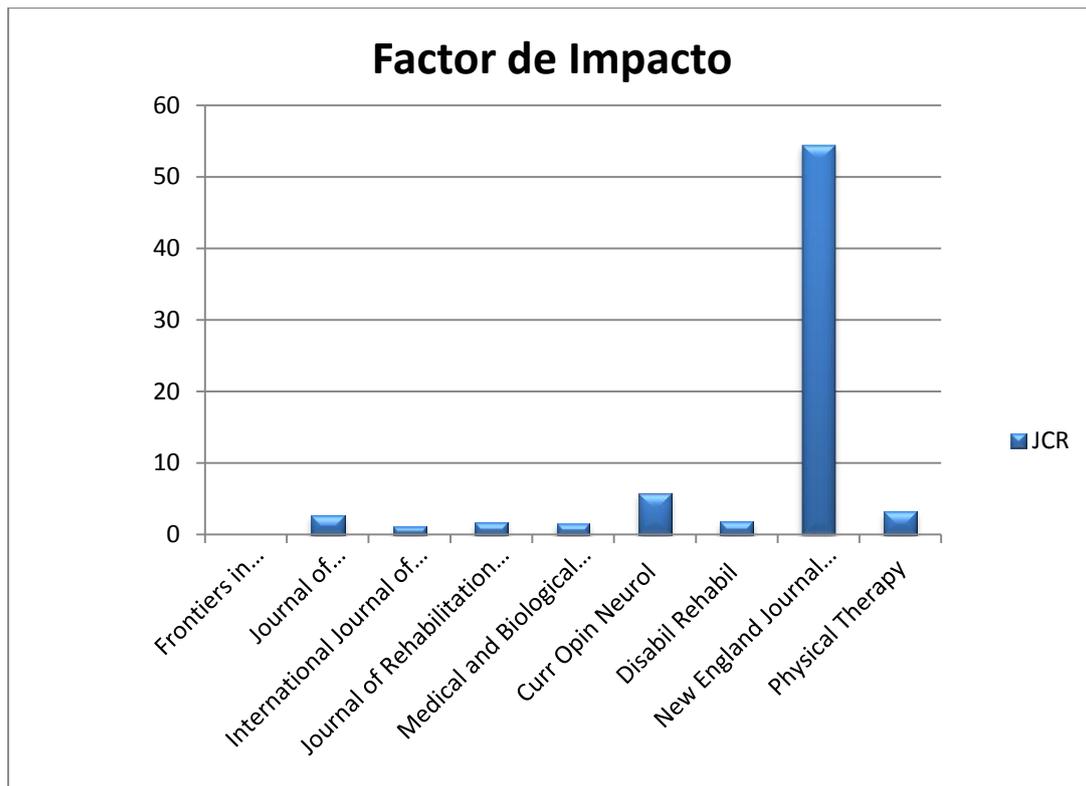


Ilustración 3: Factor de impacto de las revistas

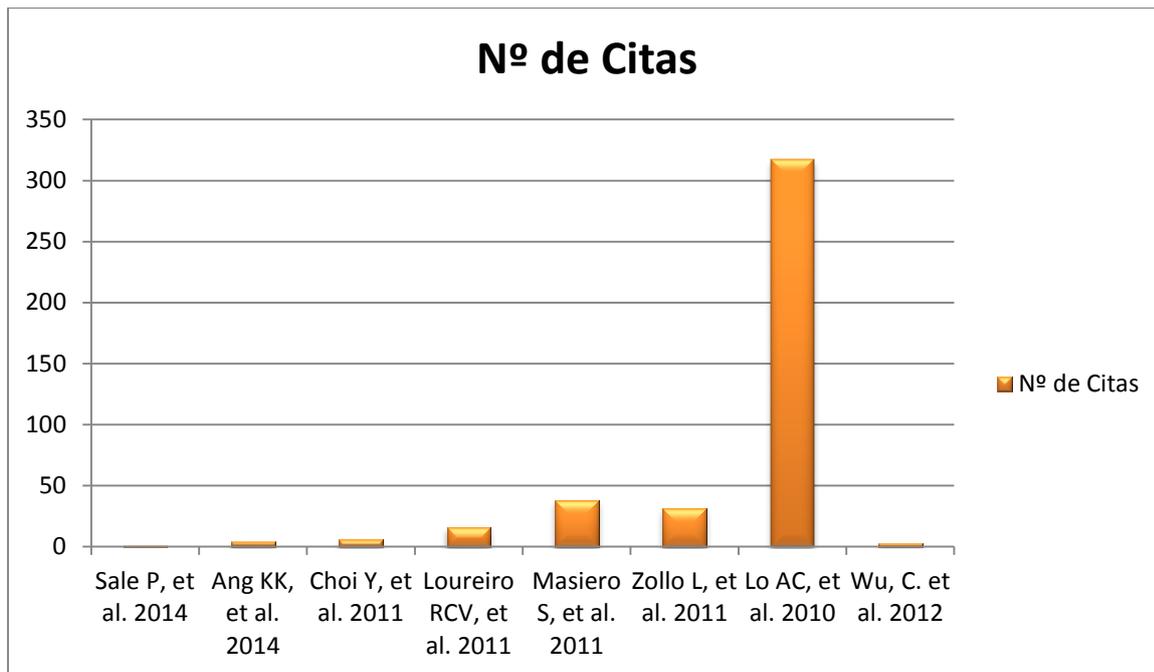
### 2.1.3. Número de citas:

En número de citas nos permite saber el número de publicaciones que han mencionado el artículo y por tanto, extrapolar la calidad, repercusión o interés que ha tenido ese artículo.

Teniendo en cuenta que el tipo de publicación influye en el número de citas recibidas, por ejemplo las revisiones sistemáticas suelen ser más citadas que los artículos experimentales, vamos a dividir este análisis, por un lado las revisiones y por otro los estudios experimentales.

- Estudios experimentales:

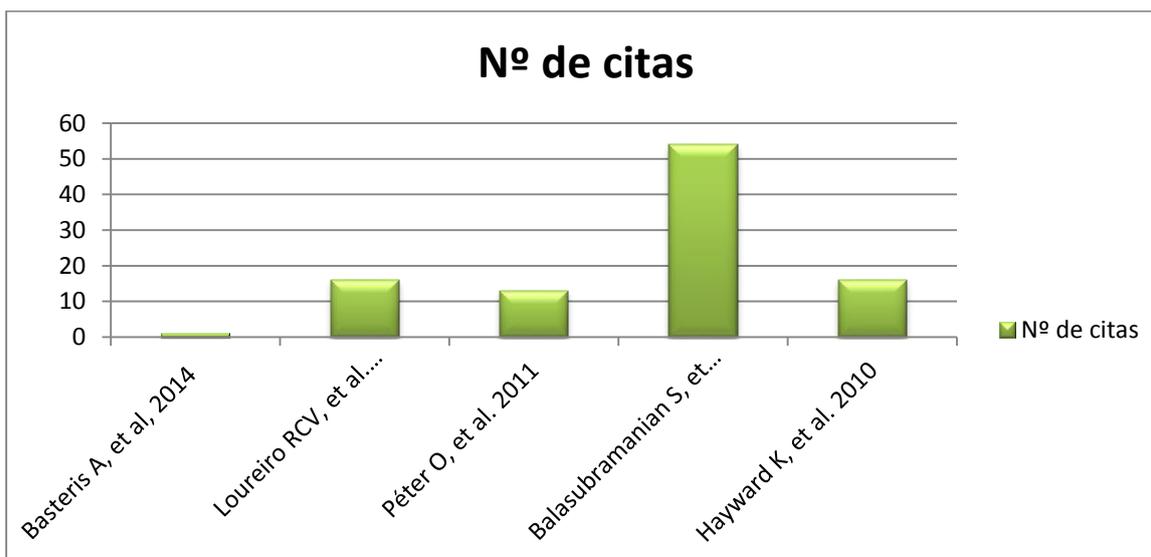
De los artículos de estudios experimentales todos tenían al menos una cita (Ilustración 4). Solo hay un artículo de estudios experimentales con una sola cita y posiblemente es debido a que es un artículo reciente (2014). Destacar el número de citas que presenta Lo Ac, et al., 2010 (21) que tiene 317 citas y Masiero, S. et al., 2011 (20) con 38 citas.



**Ilustración 4: Número de citas en los estudios experimentales**

- Revisiones sistemáticas:

De los artículos de revisión (Ilustración 5) solo el Basteris A, et al., 2014 (13), tiene una sola cita debido posiblemente, a que es una revisión reciente. Es importante destacar el artículo de Balasubramanian S, et al., 2010 (14) que presenta el mayor número de citas dentro de los artículos de revisión con 54 citas.



**Ilustración 5: Número de citas en las revisiones sistemáticas**

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta revisión ponen de manifiesto que tanto los estudios experimentales como las revisiones sistemáticas muestran un efecto positivo de la terapia asistida por robot en todas las fases del ACV y en los diferentes segmentos del MS.

Este efecto se traduce en una mejora de la función motora, la fuerza, y la reducción de la espasticidad, pero no así en la actividad funcional, es decir, estas mejoras no se convierten en mejoras para la realización de ABVD, aspecto que se refleja tanto en los estudios experimentales como en las revisiones sistemáticas.

Las revisiones sistemáticas señalan que la principal ventaja de la terapia asistida por robot radica en el aumento del número de repeticiones y en la práctica del movimiento sin asistencia de un terapeuta.

En todos los estudios, excepto el llevado a cabo por Lo Ac et al. 2010 (21), se evalúa la eficacia de la terapia asistida por robot a corto plazo, aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que los efectos a corto plazo son importantes, pero en pacientes con ACV todos los beneficios que se puedan mantener a largo plazo van a ser esenciales. En este aspecto cobra importancia la introducción de robots en el hogar que permitan seguir el tratamiento a los pacientes en su casa.

Al comparar esta revisión con otras revisiones realizadas previamente, se puede observar que la mayoría de los estudios siguen centrandos sus investigaciones en la fase crónica del ACV, a pesar de que los pocos estudios realizados en la fase aguda o subaguda muestran efectos positivos en la rehabilitación de los pacientes mediante la terapia asistida por robot. Por lo tanto, todos los pacientes con ACV se pueden beneficiar de este tipo de terapia en todas las fases de esta patología.

En relación al segmento del brazo implicado en la terapia mediada por robot, se ha producido un avance, puesto que revisiones realizadas con anterioridad por Basteris A, et al., 2014 (13), Balasubramanian S, et al., 2010 (14) y Hayward, et al. 2010 (24) destacan que la mayoría de los estudios se centran en el segmento proximal del brazo, y en esta revisión se puede observar que un número importante de dispositivos se centra en el segmento distal del brazo. En este ámbito, los robots se centran más en la articulación de la muñeca que en el movimiento de los dedos. Esto se debe a la complejidad para diseñar este tipo de robots,

sobre todo los movimientos que implican soltar un objeto una vez que se ha realizado la prensión del mismo.

El tipo de robot empleado es diferente en la mayoría de los estudios y solo en el estudio realizado por Ang KK, et al., 2014 (23) se combina el uso del robot con otro sistema de rehabilitación. Esta metodología tiene la ventaja de que permite saber que cualquiera de estos dispositivos se puede emplear de forma segura y eficaz en la terapia asistida por robot, pero tiene un aspecto negativo, el no poder determinar cuál es el mejor de estos, ya que cada uno de ellos tiene características diferentes en cuanto al segmento del brazo implicado y DOF principalmente, aspectos importante a la hora de llevar a cabo la rehabilitación.

También sería muy interesante que se describiese en los estudios como el robot es capaz de detectar si el paciente necesita asistencia o no. Esto es importante para poder entender como el robot es capaz de detectar si el paciente es capaz o no de realizar/completar la tarea y cuanta asistencia necesita para este fin. De esta forma, se podrá valorar el grado de eficacia del robot a la hora de llevar a cabo la rehabilitación de estos pacientes, ya que el objetivo es que el robot facilite el movimiento, y no que lo sustituya.

Las principales limitaciones a la hora de conocer la eficacia de la terapia asistida por robot a través de los artículos analizados son la variabilidad de las intervenciones/metodologías empleadas. La duración de la intervención, el número de sesiones de la misma, así como la distribución de estas (todos los días de la semana, días alternos, etc.) son diferentes en los diferentes estudios.

Las tareas realizadas por los sujetos mediante el robot son diferentes, así como el número de tareas, número repeticiones y tiempo de descanso entre las mismas. No todos los estudios comparan la terapia mediada con robot con la terapia convencional para la rehabilitación de los pacientes con ACV. Dentro de los que si lo hacen, los autores Sale P, et al., 2014 (19); Wu C. et al., 2012 (10); Masiero S, et al., 2011 (20); Lo AC, et al., 2010 (21); Ang KK, et al., 2014 (23), no describen en qué consiste la terapia convencional. Solo uno de ellos, Ang KK, et al., 2014 (23), describe la cinesiterapia asistida de prono-supinación de antebrazo con control de muñeca y técnicas de liberación como terapia convencional. Todo esto dificulta, por un lado, interpretar a qué parámetros se deben las mejorías observadas en los pacientes (tipo de robot, intervención, número de sesiones, distribución de las mismas, etc.). Por otro lado, al no comparar en todos los estudios la terapia asistida por robot con la terapia convencional, no se puede determinar si la rehabilitación asistida por robot presenta mayores ventajas que la terapia convencional, si se complementan o si por el contrario tiene los mismos resultados que la

terapia convencional, por lo que de ser esto último, el uso de cualquiera de ellas tendría los mismos beneficios.

También sería interesante que el modo de entrenamiento empleado fuera el mismo en todos los estudios, o que en cada estudio se especificaran los resultados por separado de cada modo de entrenamiento, ya que esto facilitaría la comparación entre los diferentes estudios y la extracción de conclusiones. Por otra parte, esto tampoco permite realizar un análisis de los efectos de cada modalidad de entrenamiento, así como su relación con otros factores como pueden ser: la medición del nivel inicial de función motora, la frecuencia y la duración del entrenamiento, para que éste sea realmente eficaz.

Otra limitación es la de establecer en qué fase del ACV se debe aplicar la terapia asistida por robot puesto que, los estudios siguen centrándose fundamentalmente en la fase crónica, Esto dificulta la comparación de los resultados obtenidos en los diferentes estudios, siendo difícil determinar en qué fase del ACV se obtienen más beneficios con la aplicación de la terapia asistida por robot.

En todos los estudios se emplea la FMA para la evaluación del paciente, pero a mayores de esta, en algunos estudios se emplean otras escalas diferentes que valoran otros aspectos como: la espasticidad, la fuerza, rango articular de movimiento, el grado de independencia funcional, la función del brazo y el impacto del ACV. Además, la mayoría de los estudios miden los resultados en relación con la función corporal pero no en relación a la actividad funcional, aspecto fundamental en la rehabilitación de los pacientes neurológicos, debido a que el objetivo principal es potenciar al máximo los recursos de los que dispone el paciente para que sea más independiente en su vida diaria, constituyendo otra limitación. Por ello, sería interesante estandarizar que escalas deberían incluirse como mínimo en los estudios, de esta forma sería más fácil comparar los resultados de los diferentes estudios y analizar la evolución de los pacientes desde el inicio al final del tratamiento. Con ello, sería posible además establecer de manera más sencilla la eficacia del uso de robots en la rehabilitación de estos pacientes.

Los límites encontrados en relación a la búsqueda realizada de los diferentes estudios, se encuentran principalmente en el idioma y la falta de sensibilidad. Esto último significa que no se han identificado todos los artículos existentes sobre el tema, sino que se ha realizado una búsqueda muy precisa para la misma pudiendo dejar fuera estudios relevantes, por ejemplo se han descartado los estudios pilotos, los cuales también pueden aportar datos interesantes acerca del tema. Otro límite importante, es el de eliminar aquellos artículos que no tienen

acceso gratuito o no se encuentran dentro de la catálogo de la Universidad de la Coruña, suponiendo un sesgo importante en la búsqueda, sobre todo, teniendo en cuenta que al realizar la búsqueda en tres bases de datos se han eliminado aquellos artículos y revisiones duplicadas.

Mediante esta revisión sistemática se han conseguido cumplir dos de los tres objetivos propuestos en la misma. Por un lado, se ha conseguido realizar una descripción de los principales efectos que tiene el uso de la terapia mediada por robot para la rehabilitación del miembro superior tras un ACV. Por otro lado, se ha podido conocer las características de los diferentes robots que se han empleado en los estudios, recogiendo las mismas en la tabla expuesta con anterioridad.

En cuanto al objetivo de analizar los objetivos y la metodología, debido a la variedad y protocolos empleados en los estudios, es difícil realizar una comparación de los mismos y extraer conclusiones sobre cuál es el más válido para la rehabilitación.

Para finalizar, tras la revisión de los artículos, las revisiones sistemáticas y el posterior análisis de los resultados, se sugiere la necesidad de estandarizar los protocolos, tanto los de terapia mediada por robot como los protocolos de la terapia convencional que se llevan a cabo en los diferentes estudios, con el fin de facilitar la demostración de la eficacia de la terapia mediada por robot. Ciertos aspectos de la metodología también se podrían mejorar como son el número de sesiones, el tiempo de aplicación y el seguimiento de los sujetos a largo plazo. Referente a las escalas de valoración, se propone emplear además de la FMA las siguientes escalas:

- MAS para la medición de la espasticidad. Esto es importante porque como la lesión de la motoneurona superior provoca una alteración del tono (hipotonía/hipertonía) será necesario valorar si se producen cambios en el mismo con el tratamiento.
- PROM: la medición del rango articular también es necesario, porque si se consiguen ganancias en el mismo, la realización de tareas de la vida diaria se verá facilitado.
- Motor Activity Log: va a permitir valorar la función del brazo afecto, es decir, valora la cantidad y la calidad del movimiento en 30 tareas funcionales de la actividad de la vida diaria. Por lo tanto, las mejoras en la misma nos indicarán que se producen también mejoras en la actividad funcional, aspecto importante como se ha destacado con anterioridad para la rehabilitación en pacientes tras un ACV.

- FIM: permite analizar si los pacientes mejoran el grado de independencia funcional desde el inicio al final del tratamiento.

También sería interesante, que en futuros estudios se empleara el mismo protocolo con el mismo robot en pacientes que se encuentren en diferentes fases del ACV. De esta forma, se podría establecer en qué fase del ACV es más eficaz el uso de ese robot y además permitiría comparar la eficacia de la terapia asistida por robot mediante otro tipo de robots en las distintas fases del ACV.

## **CONCLUSIONES**

Tras el análisis y la comparación de los diferentes artículos en la presente revisión, se extraen las siguientes conclusiones:

- La terapia asistida por robot es efectiva en la rehabilitación del MS tras en ACV, produciendo mejoras en la fuerza, las funciones motoras y la reducción de la espasticidad, pero no así en la actividad funcional.
- Es necesario unificar el tipo de robot que se va a utilizar en los estudios, así como la metodología empleada, de esta forma se podrán comparar los resultados obtenidos y establecer en qué fase del ACV es más eficaz el uso de este tipo de terapia.
- Es importante seguir investigando para que la rehabilitación mediante robots consiga producir mejoras en la realización de las actividades de la vida diaria.
- Para poder confirmar que la terapia asistida por robot es igual o más eficaz que la terapia convencional, es necesario que todos los estudios comparen ambas terapias y que el protocolo de terapia convencional establecido sea el mismo en todos los estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Cudeiro Mazaira FJ. Fundamentos de neurociencia y neurorrehabilitación en Terapia Ocupacional. Madrid: Síntesis; 2015.
- (2) Stokes M. Fisioterapia en la rehabilitación neurológica. 2ª ed. Madrid: Elsevier, 2006
- (3) Garzás Cejudo EM. Accidentes cerebrovasculares: qué, cómo y por qué. 3ª act y amp ed. Alcalá la Real Jaén: Formación Alcalá; 2006.
- (4) Cea-Calvo L, Redón J, Lozano JV, Fernández-Pérez C, Martí-Canales JC, Llisterri JL, et al. Prevalencia de fibrilación auricular en la población española de 60 o más años de edad. Estudio PREV-ICTUS. Rev Esp Cardiol 2007 6; 60(6):616-624.
- (5) Durán MA. Informe sobre el impacto social de los enfermos dependientes por ictus informe ISEDIC, 2004. Madrid: Luzán 5; 2004.
- (6) Carr JH, Shepherd RB. Rehabilitación de pacientes en el ictus recomendaciones de ejercicios y entrenamiento para optimizar las habilidades motoras. Madrid: Elsevier; 2004
- (7) Cailliet R. El Hombro en la hemiplejía. Méjico: El Manual Moderno; 1989.
- (8) Bobath B. Hemiplejía del adulto evaluación y tratamiento. 3ª ed. Buenos Aires: Panamericana; 1993.
- (9) Brunnstrom S. Reeducción motora en la hemiplejía fundamentos neurofisiológicos. Barcelona: Jims; 1979.
- (10) Wu C, Yang C, Chuang L, Lin K, Chen H, Chen M, et al. Effect of therapist-based versus robot-assisted bilateral arm training on motor control, functional performance, and quality of life after chronic stroke: A clinical trial. Phys Ther 2012; 92(8):1006-1016.
- (11) Davies PM. Pasos a seguir tratamiento integrado de pacientes con hemiplejía. 2ª rev ed. Madrid: Panamericana; 2002.
- (12) Abdullah HA, Tarry C, Lambert C, Barreca S, Allen BO. Results of clinicians using a therapeutic robotic system in an inpatient stroke rehabilitation unit. J Neuroeng Rehabil 2011 Aug 26; 8:50-0003-8-50.
- (13) Basteris A, Nijenhuis SM, Stienen AHA, Buurke JH, Prange GB, Amirabdollahian F. Training modalities in robot-mediated upper limb rehabilitation in stroke: A framework for classification based on a systematic review. J Neuroeng Rehabil 2014;11(1).
- (14) Balasubramanian S, Klein J, Burdet E. Robot-assisted rehabilitation of hand function. Curr Opin Neurol 2010;23(6):661-670.
- (15) Péter O, Fazekas G, Zsiga K, Dénes Z. Robot-mediated upper limb physiotherapy: Review and recommendations for future clinical trials. Int J of Rehabil Res 2011;34 (3):196-202.

- (16) Choi Y, Gordon J, Park H, Schweighofer N. Feasibility of the adaptive and automatic presentation of tasks (ADAPT) system for rehabilitation of upper extremity function post-stroke. *J NeuroEng Rehabil* 2011;8(1).
- (17) Loureiro RCV, Harwin WS, Nagai K, Johnson M. Advances in upper limb stroke rehabilitation: A technology push. *Med and Biol Eng and Comput* 2011;49 (10):1103-1118.
- (18) Martín JLR, Tobías Garcés A, Seoane Pillado MT, Fundación para la Investigación Sanitaria en Castilla-La Mancha. *El concepto salud a través de la síntesis de la evidencia científica*. Toledo: Fiscam; 2006.
- (19) Sale P, Franceschini M, Mazzoleni S, Palma E, Agosti M, Posteraro F. Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. *J NeuroEng Rehabil* 2014;11(1).
- (20) Masiero S, Armani M, Rosati G. Upper-limb robot-assisted therapy in rehabilitation of acute stroke patients: Focused review and results of new randomized controlled trial. *J Rehabil Res Dev* 2011;48 (4):355-366.
- (21) Lo AC, Guarino P, Krebs HI, Volpe BT, Bever CT, Duncan PW, et al. Multicenter randomized trial of robot-assisted rehabilitation for chronic stroke: Methods and entry characteristics for VA ROBOTICS. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23(8):775-783.
- (22) Zollo L, Rossini L, Bravi M, Magrone G, Sterzi S, Guglielmelli E. Quantitative evaluation of upper-limb motor control in robot-aided rehabilitation. *Med Biol Eng Comput* 2011; 49 (10):1131-1144.
- (23) Ang KK, Guan C, Phua KS, Wang C, Zhou L, Tang KY, et al. Brain-computer interface-based robotic end effector system for wrist and hand rehabilitation: results of a three-armed randomized controlled trial for chronic stroke. *Front Neuroeng* 2014 Jul 29;7 (30):Epub.
- (24) Hayward K, Barker R, Brauer S. Interventions to promote upper limb recovery in stroke survivors with severe paresis: A systematic review. *Disabil Rehabil* 2010;32(24):1973-1986.

## **APÉNDICES**

### ***I. Abreviaturas***

ABVD: Actividades básicas de la vida diaria.

ACV: Accidente cerebrovascular:

AIT: Accidente isquémico transitorio.

BCI: Interacción cerebro máquina.

CT: Entrenamiento control.

DOF: Grados de libertad

FAT: Prueba Frenchay

FI: Factor de impacto.

FIM: Medida de independencia funcional.

FMA: Fugl-Meyer Assessment of Motor.

GEECV-SEN: Grupo de estudio de enfermedades cerebrovasculares.

HK: Haptic Konb.

JCR: Journal Citations Reports.

LNU: Uso no aprendido.

MAS: Escala modificada de Ashwort.

MESH: Pubmed Medical Subject Heading.

MI: Índice de Motricidad.

MIT: Instituto de tecnología de Massachusets.

MP: Motor Powert.

MS: Miembro superior

OMS: Organización mundial de la salud.

PROM (Rango de movimiento pasivo): rango de movimiento pasivo.

RAE: Real academia Española.

RBAT: Entrenamiento bilateral de brazo asistido por robot.

SAT: Terapia estándar para el brazo.

SIS (Stroke Impact Scale): Escala de valoración del impacto tras ACV.

TBA: Entrenamiento bilateral de brazo.

UDC: Universidad de la Coruña.

## **II. Características de las bases de datos empleadas:**

**PUBMED** es una base de datos producida por la National Library of Medicine (NLM) y emplea como componente principal la base de datos Medline. Indexa unas 5500 revistas científicas biomédicas, principalmente del mundo anglosajón. Su gran ventaja es que los registros están indexados con el tesoro MeSH, este es un vocabulario controlado que se emplea para procesar la información que se introduce en esta base de datos.

**SCOPUS** es una base de datos multidisciplinar producida por Elsevier, indexa 19500 revistas científicas. Su cobertura se extiende a contenidos provenientes de Europa, Latinoamérica y Asia. Ofrece un completo análisis bibliométrico de las revistas científicas utilizando los indicadores SJR y SNIP, y una evaluación de la producción científica de autores e instituciones.

**PEDro** es una base de datos libre de más de 29.000 ensayos aleatorios, revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica de fisioterapia. Para cada ensayo, opinión o directriz, Pedro ofrece los detalles de citación, el resumen y un enlace al texto completo, siempre que sea posible. Todos los ensayos sobre Pedro se evaluaron de forma independiente la calidad. Estas calificaciones de calidad se utilizan para guiar rápidamente a los usuarios a los ensayos que tienen más probabilidades de ser válida y contener información suficiente para guiar la práctica clínica. PEDro es producido por el Centro de Fisioterapia basada en la evidencia en el Instituto George para la Salud Global.