











## INTRODUCCIÓN

---

El daño cerebral adquirido (DCA) se define como lesión producida de manera súbita en el cerebro, es decir, una lesión en un cerebro que se ha desarrollado de manera normal hasta la fecha. El DCA puede suceder debido a diferentes causas entre las cuales destacan el traumatismo craneoencefálico, ICTUS isquémicos o hemorrágicos, tumores cerebrales, anoxia o hipoxia, enfermedades infecciosas, etc. Independientemente de las causas, y en función del área cerebral lesionada, el DCA tiene como consecuencia la pérdida de funciones cerebrales que implican al sistema motor y sensorial, el funcionamiento cognitivo, las habilidades comunicativas y la capacidad de regular la conducta y las emociones. El deterioro de dichas funciones, provocan la pérdida o disminución de la independencia funcional en las actividades de la vida diaria (AVD'S) de la persona en relación con su estado pre mórbido, derivando a una situación de discapacidad.

Según la Sociedad Española de Neurología: “el ICTUS supone la primera causa de mortalidad en mujeres y la segunda en población general”. La incidencia actual del ICTUS se sitúa en aproximadamente 150-200 casos por cada 100.000 habitantes al año en España. Esta incidencia aumenta de manera progresiva desde los 55 años hasta los 75 años, a partir de esta edad se sitúan la mitad de casos por ICTUS. A pesar de ello, se ha aumentado un 25% de casos de ICTUS entre personas de 20 a 64 años en los últimos 20 años<sup>2</sup>.

El término ICTUS se refiere a la enfermedad cerebrovascular aguda que está causado por un trastorno circulatorio cerebral que altera de manera transitoria o definitiva el funcionamiento de una o varias partes del encéfalo. Estos pueden producirse por dos motivos: por isquemia cerebral o por hemorragia. Por un lado, el ICTUS isquémico, más frecuente que el hemorrágico, producidos por una alteración cualitativa o cuantitativa del aporte circulatorio a una zona del encéfalo, provoca la muerte de las neuronas de la zona afectada por falta de oxígeno y nutrientes. Por otro lado, el ICTUS hemorrágico, producido por una extravasación de sangre en el espacio extravascular, se manifiesta con alteraciones y secuelas de menor gravedad en comparación con los ICTUS isquémicos, a pesar de tener mayores índices de mortalidad.

Las manifestaciones clínicas más frecuentes en pacientes con ICTUS son: trastornos motores en el lado opuesto al foco de la lesión, alteraciones en la comprensión y el lenguaje, alteraciones en la memoria y atención, y alteraciones en la percepción. Como consecuencia de dichas alteraciones se producen cambios en el estilo de vida del paciente, cambios emocionales y cambios en su conducta social, lo que conlleva a un incremento de dependencia y una reducción marcada de la interacción social<sup>4</sup>.

El inicio del proceso de rehabilitación debe ser lo más precoz posible, ya que entre los dos y seis meses de evolución, es donde se consiguen mayores resultados en la rehabilitación funcional en las AVD's del pacientes. En dicho proceso rehabilitador, existen diversos factores que repercuten en su evolución, como por ejemplo la edad, estado anímico, intensidad y tiempo del tratamiento, el grado de alteración tanto en las capacidades motoras como las cognitivas y perceptivas.

El proceso de rehabilitación se puede dividir en los siguientes periodos:

- Fase aguda: fase inicial de la instauración del ICTUS donde su signo más relevante es el bajo tono muscular. En esta fase el paciente suele permanecer encamado. Entre otros, los objetivos clínicos de esta fase son: prevenir posturas viciosas, movilizaciones pasivas, autonomía en la cama, estimulación sensorial...
- Fase subaguda: da comienzo con la aparición de espasticidad e hiperreflexia en la que comienza la fase de trabajo activo por parte del paciente para conseguir una recuperación motora en los casos favorables.
- Fase de estado: una vez conseguida la estabilidad del cuadro clínico del ICTUS, esta fase va encaminada a la adaptación del entorno y situación funcional del paciente.

En lo que respecta a la fase de rehabilitación del miembro superior afectado, existen diversas técnicas de tratamiento, sin embargo, ninguna se ha mostrado totalmente eficaz o destaca sobre

otras técnicas, por lo que su elección se basa en la experiencia de cada equipo terapéutico<sup>6</sup>.

Algunos ejemplos de las técnicas más utilizadas en el ámbito clínico son:

- Concepto Bobath: se basa en que el aumento del tono muscular y de la actividad refleja surgen a causa de una falta de inhibición de un reflejo postural dañado. Bertha Bobath observó que se podía influir sobre el tono muscular a través de la posición y el movimiento de las diferentes articulaciones proximales del cuerpo. Por lo tanto, el paciente solo podría tener un desempeño motor normal si se normaliza dicho tono y se elimina la actividad muscular indeseable<sup>7</sup>.
- Método Brunnstrom: al contrario que el concepto Bobath, el paciente primeramente deberá adquirir el control de las sinergias básicas, ya que estas constituyen una fase intermedia necesaria para la rehabilitación. Una vez conseguidas se dispone a la recuperación del movimiento normal<sup>8</sup>.
- Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP o Método Kabat): se trata de utilizar estímulos periféricos, ya sean superficiales (tacto) o profundos (posición de articulaciones, músculos y tendones) con el objetivo de potenciar la musculatura más debilitada a partir de la más tonificada ya que los músculos no trabajan aisladamente, sino integrándose para realizar cualquier acción muscular<sup>9</sup>.

En los procesos de rehabilitación del miembro superior afectado, se están incorporando cada vez más uso de diferentes tecnologías y dispositivos electrónicos. Los dispositivos más utilizados son:

- Terapia asistida por robot: está basada en dispositivos electrónicos y mecánicos capaces de asistir los miembros superiores para realizar diferentes actividades. Existen diferentes tipos de robots según el punto de sujeción del paciente (proximal o distal). A pesar de que en un primer momento pueden presentar complicaciones para la colocación del paciente, permiten alcanzar una mayor precisión en el control del movimiento<sup>10</sup>. El uso de este tipo de terapias reduce el tiempo de recuperación motora del paciente, aumentando fuerza muscular y un índice mayor de independencia funcional<sup>11-12-13</sup>.



- Realidad virtual: se basa en una simulación creada por software y se experimenta a través de una interfaz humano-ordenador. Esta herramienta de evaluación y tratamiento, se utiliza en intervenciones sobre el equilibrio y la postura, marcha, reeducación de los miembros superiores e inferiores, estimulación cognitiva, tolerancia al dolor...<sup>14</sup>En lo que se refiere a la rehabilitación de los miembros superiores, la asociación del uso de la realidad virtual con enfoques rehabilitadores tradicionales produce una ampliación del mapa cortical motor, lo cual mejora la capacidad motora y funcionalidad del paciente en su desempeño en las actividades básicas de la vida diaria<sup>15,16,17</sup>.

## OBJETIVOS

El **objetivo general** de este trabajo es comparar los resultados obtenidos en la rehabilitación de la extremidad de miembro superior en dos pacientes con ICTUS con el uso de nuevas tecnologías en 2D y en 3D.

Los **objetivos específicos** son:

- Identificar la diferencia en el aumento de rango articular entre la pre y post-intervención.
- Identificar la diferencia en el aumento de la fuerza muscular entre la pre y post-intervención.
- Identificar la diferencia en el aumento de la sensibilidad epicrítica y protopática entre la pre y post-intervención.
- Identificar la diferencia en el descenso de dolor del miembro superior entre la pre y post-intervención.

## MATERIAL Y MÉTODOS

---

### 1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

El estudio de comparación se realiza con dos pacientes con ICTUS atendidos por el servicio de Terapia Ocupacional de la Unidad de Daño Cerebral del Hospital la Pedrera en Dénia, desde diciembre del 2016 hasta febrero de 2017.

Los pacientes fueron seleccionados tras aceptar su participación en el estudio y cumplir los criterios tanto de inclusión como de exclusión:

#### **Criterios de inclusión:**

- Mayor de 18 años.
- Firma del consentimiento informado.
- Fase subaguda del ICTUS (entre 1 y 6 meses de evolución)
- Capacidad de colaboración y comprender órdenes de las tareas y orientada en las tres esferas según test MOCA (tiempo, espacio y persona), con puntuación > 13.
- Buen control de tronco en sedestación (Test de control de tronco > 37).
- Brazo pléjico.

#### **Criterios de exclusión:**

- No cumplir alguno de los criterios de inclusión.
- Afasia global o afasia sensitiva.
- Brazo parético.
- Presentar otro problema o complicación que afecte a su miembro superior afecto (enfermedades reumáticas, tendinitis...)
- Presentar déficit de percepción visual.

## 2. PROCEDIMIENTO

Para realizar este estudio de comparación de dos casos, se ha llevado a cabo:

**A) Asignación aleatoria** a cada uno de los pacientes de la tecnología (2D o 3D) a utilizar en el proceso de rehabilitación.

**B) Una evaluación inicial y final** de cada uno de los pacientes en el momento de su llegada a la Unidad de Daño Cerebral del Hospital y tras finalizar el número de sesiones de tratamiento de T.O. programadas. Los **instrumentos de evaluación** utilizados para medir tanto la evolución motora de los pacientes, como para valorar si cumplen los criterios de inclusión para realizar el estudio han sido:

### **Evaluación cognitiva:**

- Montreal Cognitive Assessment (MOCA):

Este test de screening evalúa los principales dominios cognitivos de memoria, orientación, lenguaje, cálculo, praxis, funciones ejecutivas y atención. Se utiliza para valorar si el paciente es capaz de colaborar y entender las instrucciones de las tareas. Comprende una puntuación de 0 a 30, donde 0 corresponde a no realizar correctamente ningún ítem, y 30 la puntuación más alta<sup>18</sup>.

### **Evaluación sensorio - motora:**

- Fugl – Meyer:

Valora el funcionamiento motor, el equilibrio, la sensibilidad y el rango articular en pacientes con hemiplejia o hemiparesia posteriores a un ICTUS. Cada ítem consta de una graduación de tres puntos que van desde 0 como puntuación mínima y 2 como máxima<sup>19</sup>.

- Test de control de tronco:

Valora la capacidad del paciente de realizar cambios posturales, pasar de decúbito a sedestación, además del equilibrio en sedestación. Esta valoración presenta una validez predictiva sobre la recuperación funcional de los pacientes. Su puntuación abarca de 0 a

100, donde 0 es una falta total de equilibrio y 100 un control de tronco totalmente estable<sup>20</sup>.

**C) Intervención T.O.** Cada uno de los pacientes asiste a 20 sesiones de tratamiento de 40 minutos de duración cada una. Cada sesión se divide en dos partes:

- 20 minutos de terapia basada en nuevas tecnologías (brazo robot o realidad virtual según asignación). Las características de ambos dispositivos tecnológicos se han descrito en la *tabla 5* (en el apartado *Anexos*).
- 20 minutos de tratamiento convencional: movilizaciones pasivas y auto-asistidas, y enfoques contemporáneos del control motor: reaprendizaje motor orientado a tareas, estimulación sensorial, terapia en espejo y actividades bimanuales<sup>21-22</sup>.

Independientemente de la tecnología asignada, ambos pacientes realizan los mismos rangos de movimientos de MMSS durante la sesión. Cabe destacar que los ejercicios de realidad virtual permiten realizar rangos de movimientos más amplios (3D) que los del brazo robot (2D) ya que permite mover el miembro superior en tres dimensiones en vez de dos dimensiones.

A diferencia del brazo robot, el sistema de realidad virtual no cuenta con un soporte mecánico para mover el brazo afecto del paciente para completar las actividades, por lo tanto, es el terapeuta ocupacional el que guía el brazo del paciente para realizar los ejercicios, simulando asistir el brazo como lo haría un soporte mecánico como el del brazo robot.

A diferencia de la realidad virtual, el brazo robot no divide cada ejercicio por niveles. Los propios niveles de dificultad del brazo robot son sus grados de asistencia (totalmente asistido, asistido regulable...). El grado de asistencia total del brazo robot equivale al nivel 1, el nivel 2 equivaldría al asistido regulable, así sucesivamente hasta el nivel 5 que equivale a totalmente resistido. Por lo tanto, consideraremos al paciente que se ubique en el grupo del brazo robot permanecerá durante toda la intervención en el nivel 1.

Las actividades realizadas durante las sesiones de brazo robot y realidad virtual se han descrito en la *tabla 6 y 7 respectivamente* (en el apartado *Anexos*).

### 3. VARIABLES DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE COMPARACIÓN

Las variables de estudio que se han recogido y registrado en la base de datos del Hospital la Pedrera, el Registro de Atención Hospitalaria (RAH), han sido:

- VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS: edad, género y mano dominante.
- DATOS CLÍNICOS: diagnóstico, tipo y fecha de diagnóstico, etiología y localización de la lesión.
- MOCA: memoria, atención, funciones ejecutivas...
- TEST DE CONTROL DE TRONCO: equilibrio en sedestación.
- FUGL-MEYER TEST: rango articular, fuerza muscular, sensibilidad y dolor.
- BRAZO ROBOT: número de aciertos, repeticiones y grado de asistencia.
- REALIDAD VIRTUAL: número de aciertos, repeticiones, nivel del ejercicio, tiempo por cada nivel realizado (tiempo/nivel).



## RESULTADOS

Los datos sociodemográficos y clínicos de los dos participantes en el estudio se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1:** Características sociodemográficas y clínicas

	<i>Paciente A</i>	<i>Paciente B</i>
<b>Edad</b>	50	60
<b>Género</b>	Varón	Mujer
<b>Mano dominante</b>	Derecha	Izquierda
<b>Fecha de diagnóstico</b>	23/11/2016	28/11/2016
<b>Diagnóstico</b>	ICTUS arteria cerebral media izquierda	Hemorragia ganglios basales derechos
<b>Tipo diagnóstico</b>	Isquémico	Hemorrágico
<b>Localización</b>	Ganglios basales-parietal	Ganglios basales
<b>Etiología</b>	Aterotrombótico	Hipertensiva

De acuerdo a la metodología diseñada, obtenemos los siguientes resultados:

### A) ASIGNACIÓN DE LOS PACIENTES AL ESTUDIO

Mediante una asignación aleatorizada de la tecnología a utilizar, se asigna al **paciente A** la intervención con brazo robot (2D) y al **paciente B**, la intervención con realidad virtual (3D).

### B) EVALUACIÓN INICIAL

Al ingreso del paciente en el hospital La Pedrera, antes de iniciar el estudio, se evaluaron las características sensorio-motoras de los pacientes mediante la escala Fugl-Meyer.

**Tabla 2.** Evaluación inicial de los pacientes mediante la escala Fugl-Meyer.

	<b>PACIENTE A</b>	<b>PACIENTE B</b>
<b><i>RANGO ARTICULAR</i></b>	23/24	22/24
<b><i>FUERZA MUSCULAR</i></b>	6/66	6/66
<b><i>SENSIBILIDAD</i></b>	6/12	7/12
<b><i>DOLOR</i></b>	24/24	21/24

Al inicio de la intervención ambos pacientes poseían una alteración tanto de la sensibilidad epicrítica como de la sensibilidad protopática, alcanzando el nivel de hipoestesia. El paciente B refleja algo de dolor en la abducción a 90°, en la rotación externa de hombro y la extensión de dedos.

### **C) INTERVENCIÓN**

Ambos pacientes no pudieron realizar las veinte sesiones programadas de manera consecutiva por diversos motivos: visitas a su médico de cabecera, radiografías en otro hospital y valoraciones por parte de otros profesionales...:

- Paciente A: realiza el número de sesiones propuestas en un plazo de cinco semanas.
- Paciente B: realiza el número de sesiones programadas en un plazo de cuatro semanas.

Observaciones durante las sesiones de intervención: durante el estudio, se observó que el paciente B se fatigaba durante la realización de los ejercicios. Además, refirió sensaciones dolorosas en la región anterior del hombro, lo que obligaba a realizar pequeños descansos durante las sesiones. Una vez pasados unos minutos, el paciente era capaz de continuar las sesiones sin problemas.

## D) EVALUACIÓN FINAL

**Tabla 3.** Evaluación final de los pacientes mediante la escala Fugl-Meyer.

	<b>PACIENTE A</b>	<b>PACIENTE B</b>
<b>RANGO ARTICULAR</b>	24/24	24/24
<b>FUERZA MUSCULAR</b>	6/66	8/66
<b>SENSIBILIDAD</b>	8/12	12/12
<b>DOLOR</b>	23/24	21/24

Al final de la intervención, ambos pacientes lograron la máxima puntuación a nivel de rango articular. En cuanto a fuerza muscular, el paciente A se mantuvo en la misma puntuación (6/66) y el paciente B aumentó ligeramente su puntuación a 8/66. La sensibilidad del paciente A aumentó a 8/12 puntos mientras que el paciente B consiguió la máxima puntuación. En el ítem de dolor el paciente A alcanzó casi la máxima puntuación (23/24). Por otro lado, el paciente B se mantuvo en una puntuación de 21/24. En definitiva, ambos pacientes únicamente presentan dolor al realizar una serie concreta de movimientos.

## E) COMPARATIVA DE RESULTADOS

Una vez tenemos los datos tanto de la evaluación inicial y final llevadas a cabo con la escala Fugl-Meyer, además de las variables recogidas tanto del brazo robot como de la realidad virtual, se realizó la comparativa en dichas variables.

Para ver si las diferencias entre rango articular, sensibilidad, dolor y fuerza muscular para el mismo individuo es significativa o no, se realizó el test de Wilcoxon para muestras dependientes. La normalidad de las variables se evaluó a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados son estadísticamente significativos cuando  $p\text{-valor} < 0.05$ , para un intervalo de confianza al 95%.



**Tabla 4.** Comparativa de la evaluación inicial y final de la escala Fugl-Meyer.

	Evaluación inicial		Evaluación final		Diferencia entre inicial y final	
	Paciente A	Paciente B	Paciente A	Paciente B	Paciente A (P-valor)	Paciente B (P-valor)
<b>Rango articular</b>	23/24	22/24	24/24	24/24	+1 (1)	+2 (0,3458)
<b>Fuerza muscular</b>	6/66	6/66	6/66	8/66	0 (NA)	+2 (0,1736)
<b>Sensibilidad</b>	6/12	7/12	8/12	12/12	+2 (0,3458)	+5 (0,03689*)
<b>Dolor</b>	24/24	21/24	23/24	21/24	-1 (1)	0 (NA)

\*P-valor <0.05

NA: No Available

La puntuación del rango articular, tanto en el paciente A como en el paciente B, aumentó ligeramente hasta obtener la máxima puntuación. La diferencia en ambos pacientes no llegó a ser estadísticamente significativa ya que ambos partían prácticamente de la máxima puntuación.

Respecto a la fuerza muscular, se observó que mientras en el paciente A no había habido mejora, el paciente B aumentó su puntuación, sin embargo, la diferencia no es estadísticamente significativa ya que solo aumentó la puntuación en dos puntos, pudiendo realizar parcialmente una abducción de hombro y una flexión parcial de codo.

La sensibilidad mejoró en ambos pacientes. El paciente A pasó de una puntuación de 6/12 a 8/12 aumentando la sensibilidad epicrítica del estado de hipoestesia a normoestesia. El paciente B aumentó su capacidad sensitiva considerablemente, llegando a ser estadísticamente significativa (p-valor= 0, 03689), pasando de tener una puntuación de 7/12 a 12/12, alcanzando el nivel de normoestesia en todos los ítems.

En cuanto a dolor, el paciente A inicia la intervención con ausencia total de dolor al realizar todos los ítems, sin embargo, al final de la intervención el paciente refiere algo de dolor

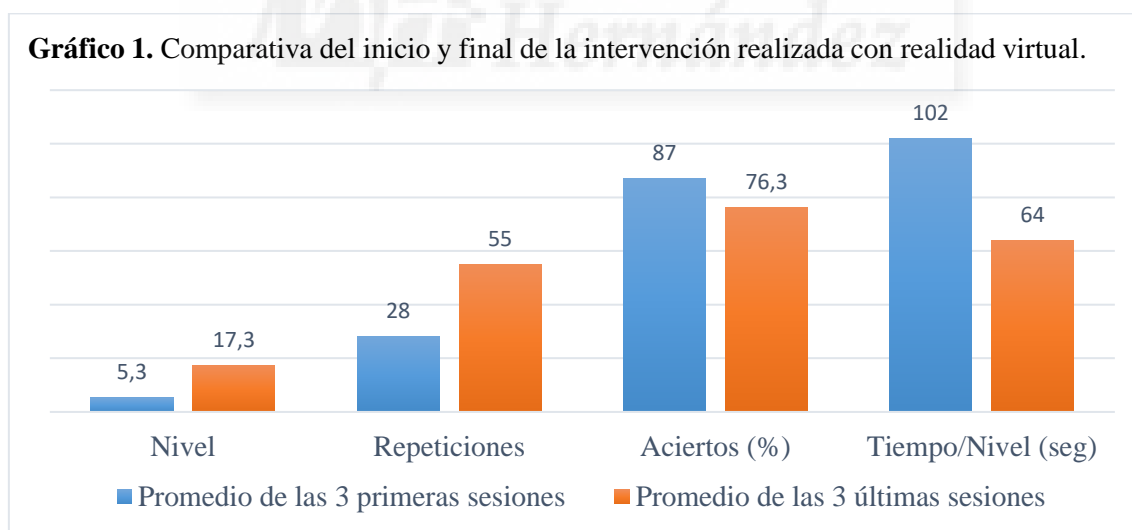
al realizar la rotación externa de hombro. El paciente B se mantuvo en la misma puntuación tanto al inicio como al final del estudio.

Según muestra el gráfico 1, durante las tres primeras sesiones realizadas con realidad virtual, el paciente B, alcanzó un nivel promedio de 5,3. Durante las tres últimas sesiones el paciente logró alcanzar un nivel promedio de 17,3.

El promedio de repeticiones aumentó de 28 durante las tres primeras sesiones a 55 durante las tres últimas.

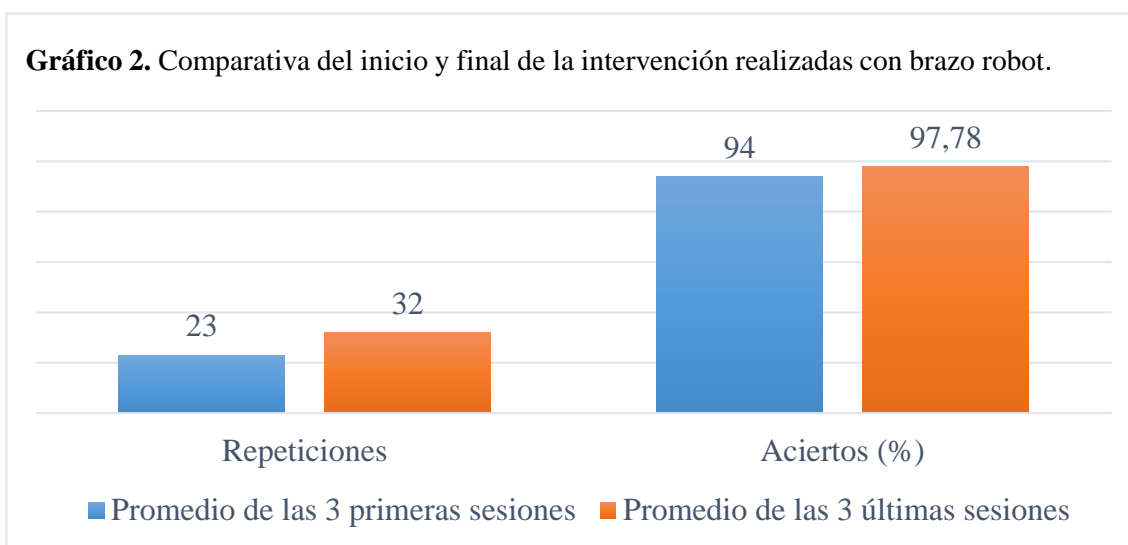
El porcentaje de aciertos bajó de un 87% las primeras sesiones de la intervención, a un 76,3% durante las últimas sesiones del estudio.

El tiempo empleado por cada nivel durante las tres primeras sesiones alcanzó los 102 segundos (1'42" minutos), mientras que durante las tres últimas sesiones se rebajó hasta los 64 segundos (1'04" minutos).



En el gráfico 2. Observamos que el promedio de repeticiones realizadas por el paciente A mediante el uso del brazo robot, aumentó de 23 repeticiones realizadas durante las tres primeras

sesiones a 32 durante las tres últimas, y el porcentaje de aciertos también aumentó a lo largo de la intervención. De un 94% al inicio del estudio a un 97,78% de aciertos al final de este.



## DISCUSIÓN

Estudios previos de terapia asistida por brazo robot<sup>13</sup>, como del uso de realidad virtual<sup>17</sup>, sostienen que el uso de estas tecnologías en el campo de la neurorehabilitación consigue una mayor efectividad en la recuperación motora, sin embargo, ambos estudios no son concluyentes, y afirman la necesidad de realizar estudios futuros de alta calidad para confirmar la efectividad tanto de la robótica como de la realidad virtual.

El uso de estas dos tecnologías se ha ido ampliando en el ámbito de la rehabilitación a lo largo de estos últimos años. A pesar de ello, este tipo de dispositivos suponen un coste muy elevado, por lo que no es muy común poder acceder a ellos en la sanidad pública siendo habitual recurrir a empresas privadas para acceder a este tipo de material.

Somos conscientes de que el estudio presenta ciertas limitaciones, como la heterogeneidad en las características sociodemográficas y clínicas de los pacientes. Debido al pequeño margen de tiempo en el que se realizó el estudio (de apenas dos meses), se decidió elegir a dos pacientes cuyas alteraciones (sensorio-motoras y cognitivo-perceptivas) fueran lo más

homogéneas posible. Sería conveniente tener en cuenta dichos factores para la realización de estudios futuros.

El uso de este tipo de dispositivos de rehabilitación permite al paciente realizar sesiones completas programadas previamente sin necesidad de que el terapeuta se encuentre a su lado. A pesar de que las técnicas son sencillas de aplicar, el paciente puede realizar compensaciones con el tronco para realizar los ejercicios propuestos de una manera más rápida. Es por eso que debe hacerse bajo la supervisión de un profesional para una correcta ejecución de los ejercicios.

A lo largo del estudio, la calibración de los sensores de la realidad virtual, como el sistema de asistencia del brazo robot fallaron en varias ocasiones, lo que suponía detener la sesión para poder volver a calibrar los sistemas. Esto supuso un obstáculo para poder realizar los ejercicios propuestos de una manera exitosa. Por otro tanto, es conveniente que, para la correcta utilización de este tipo de dispositivos, durante ciertos periodos de tiempo se realicen breves revisiones para comprobar que los dispositivos funcionen correctamente.

En cuanto a eficacia de tratamiento, se ha observado:

- Respecto al rango articular, tanto el paciente A como el paciente B han alcanzado la máxima puntuación en cuanto a rango articular en la escala Fugl-Meyer, producido gracias al uso de ejercicios propuestos en las terapias complementarias y el uso de ambos dispositivos tecnológicos.

- En cuanto a la fuerza muscular, sólo se ha observado mejoría en un paciente. Esto puede ser debido a que los valores del índice motor del grupo no eran homogéneos, lo cual impedía que todos los pacientes siguieran la misma progresión en cuanto a los niveles de asistencia. No es posible concluir que la recuperación en fuerza muscular del paciente B haya sido provocada gracias al uso de realidad virtual, ya que puede haberse visto producida también gracias a las terapias complementarias realizadas o por regeneración espontánea.

- Ambos pacientes han mejorado su puntuación en cuanto a sensibilidad. A pesar de ello, solamente el paciente B ha conseguido una diferencia estadísticamente significativa (p-

valor= 0, 03689). Esto puede ser debido a que la realidad virtual permite más amplitud del rango articular a la hora de realizar los ejercicios permitiendo un mayor número de combinaciones de movimientos del miembro superior. Por lo tanto, la información sensorial que se recibe mediante el uso de realidad virtual es mayor a la proporcionada por el brazo robot.

- Cabe mencionar que el paciente A, que inició con la máxima puntuación en el ítem de dolor en el miembro superior, en la evaluación final ha mostrado una disminución de un punto en la escala. Las causas de este ligero descenso pueden deberse a diversos factores: mal posicionamiento del miembro afecto tanto en silla de ruedas como en cama, producido en otro tipo de terapias o incluso por la realización de compensaciones a la hora de completar los ejercicios del brazo robot. Por otro lado, el paciente B mantuvo la misma puntuación de este ítem tanto al inicio como al final de la intervención.

- En la utilización de realidad virtual en el estudio, el paciente B aumentó considerablemente tanto el nivel como las repeticiones entre las tres primeras y tres últimas sesiones. Esto es debido a que el paciente de manera que va realizando los ejercicios, cada nivel necesita realizar más repeticiones para poder subir al siguiente, por lo tanto, a medida que el nivel subía, las repeticiones aumentaban con él. Por otro lado, el porcentaje de aciertos como el tiempo empleado por cada nivel disminuyó, producido a que mientras el nivel de los ejercicios aumenta, su dificultad también, por lo tanto, para el paciente B era más difícil completar toda la actividad correctamente. Al disminuir el número de aciertos poder aumentar de nivel, el ejercicio se reiniciaba en mismo nivel para volver a empezar desde cero la actividad, es por eso que el tiempo empleado por cada nivel disminuyó a lo largo del estudio.

- Durante la utilización del brazo robot en el estudio, el paciente A aumentó el número de repeticiones de cada actividad realizada y el de aciertos aumentó respecto a las tres primeras y tres últimas sesiones. Esto se debe a que, durante las primeras sesiones del estudio, el paciente realizaba compensaciones con su tronco, lo cual dificultaba a la asistencia del robot guiar su brazo afecto para una correcta ejecución del ejercicio, por lo que necesitaba más tiempo para completar cada repetición. Una vez disminuyeron las compensaciones, el paciente fue capaz de realizar los ejercicios de manera más eficaz.

## CONCLUSIÓN

---

De acuerdo a la comparación llevada a cabo, podemos concluir que ha habido una mejoría sensorio-motora del brazo pléjico de ambos pacientes. No obstante, el paciente B, con el uso de tecnología 3D en su proceso de rehabilitación del miembro superior afecto, ha obtenido mayor diferencia en las puntuaciones entre la evaluación inicial y final con respecto al paciente A, mejorando en mayor grado su rango articular, fuerza muscular y sensibilidad.

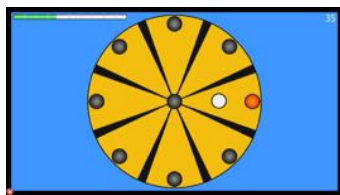
Dado que las alteraciones sensorio-motoras son muy frecuentes tras el ICTUS, y dada su negativa repercusión en el desempeño de las actividades de la vida diaria, consideramos necesarias y de interés realizar más investigaciones que complementen y aporten más datos y experiencias sobre el uso de estas dos tecnologías en el ámbito de la rehabilitación neurológica, así como realizar estudios clínicos de casos-control para poder demostrar la eficacia de este tipo de terapias con la utilización de nuevas tecnologías, tanto en 2D como en 3D.

## ANEXOS

**Tabla 5.** Características de los dos dispositivos usados durante el estudio.

	<b>Brazo robot</b>	<b>Realidad virtual</b>
<b>Empresa a la que pertenece</b>	Universidad Miguel Hernández de Elche	Fivan (empresa de neurorehabilitación)
<b>Software utilizado</b>	Revire	Neuroathome
<b>Tipo de dispositivo</b>	Efector focal (recoge la mano y antebrazo del usuario)	No immersiva (no engloba la mayor parte de sentidos y no requiere de un hardware especializado)
<b>Hardware complementario</b>	Brazo robotizado de soporte	Kinect (Xbox 360)
<b>Variables que almacena</b>	Repeticiones y aciertos	Nivel, tiempo/nivel, repeticiones y aciertos
<b>Nivel de dificultad</b>	Totalmente asistido, asistido regulable, libre, resistido regulable y totalmente resistido	Cada ejercicio cuenta con diferentes niveles de dificultad aumentando cada vez más la demanda de movimiento
<b>Calidad del movimiento</b>	<b>2D</b>	<b>3D</b>
<b>Movimientos realizados durante los ejercicios</b>	<u>Hombro:</u> flexión, extensión, rotación interna y externa, abducción y adducción. <u>Codo:</u> flexión y extensión.	
<b>Ejercicios realizados durante las sesiones</b>	5 ejercicios de 4 minutos de duración cada uno	4 ejercicios de 5 minutos de duración cada uno

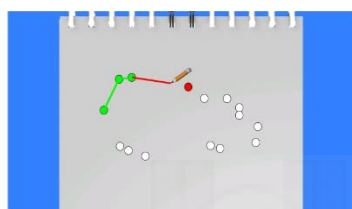
**Tabla 6:** Actividades realizadas en las sesiones de brazo robot.



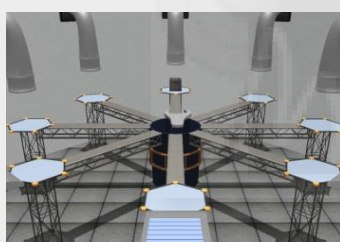
Actividad “Ruleta”: el usuario debe seguir con la bola blanca el movimiento de la bola roja.



Actividad “Coger Manzanas”: el usuario debe coger la manzana antes de que el pájaro se la coma y dejarla en la cesta que se ilumine de rojo.



Actividad “Puntos”: en la que el usuario debe tocar los puntos que se iluminan en rojo antes de que se agote el tiempo.



Actividad “fábrica”: el usuario debe coger las cajas presentadas en los extremos y llevarlas al centro.



Actividad “Hit”: el usuario debe golpear al conejo y hacerlo entrar en la madriguera.



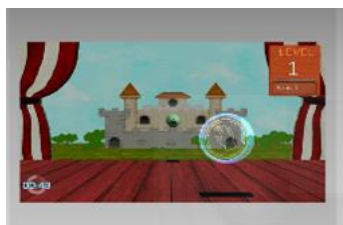
**Tabla 7.** Actividades realizadas en las sesiones de realidad virtual.



Actividad “Gimnasio”: cada extremidad del usuario tiene un color. El usuario debe tocar la serie de objetos que aparezcan de un determinado color con su correspondiente extremidad.



Actividad “Alimentación”: el usuario debe coger la comida del plato y llevársela a la boca. El contenido del plato puede variar según el nivel para añadir dificultad (sopa, carne...).

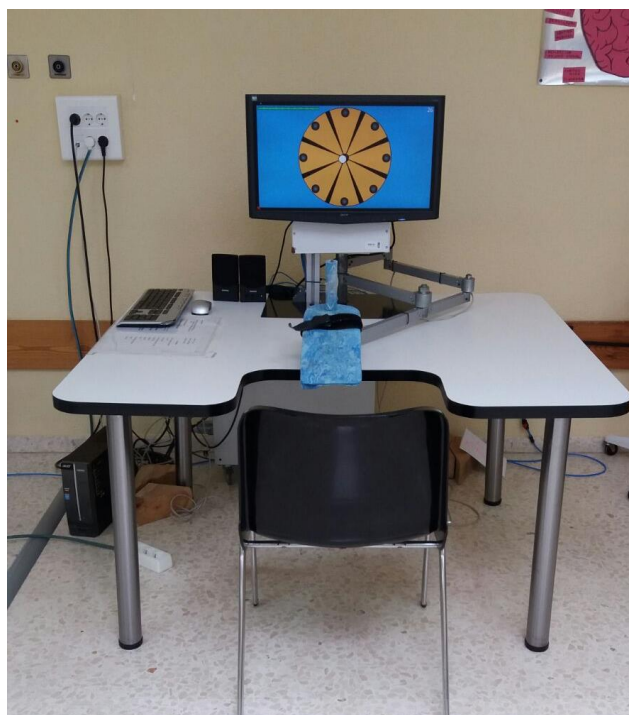


Actividad “cañones”: el usuario debe detener todas las pelotas posibles disparadas desde el castillo. Aumentando el nivel, también aparecerán algunas pelotas que deberá evitar.



Actividad “música”: el usuario debe tocar las notas y se mueven a lo largo de la pantalla generando diferentes melodías.

**Imagen 1.** Dispositivo robot (2D) utilizado para la realización del estudio.



**Imagen 2.** Dispositivo de realidad virtual (3D) utilizado durante el estudio.



## BIBLIOGRAFÍA

---

- 1 de Noreña D., Ríos-Lago M, Bombín-González I, Sánchez-Cubillo I, García-Molina I, Tirapu-Ustárroz J. Efectividad de la rehabilitación neuropsicológica en el daño cerebral adquirido (I): atención, velocidad de procesamiento, memoria y lenguaje. *Rev Neurol* 2010; 51 (11): 687-698
- 2 Sociedad Española de Neurología [Internet]. 2017 [citado el 7 de Abril 2017]. Disponible en: <http://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link198.pdf>
- 3 Martínez-Vila E, Murie Fernández M., Pagola I, Irimia P. Enfermedades cerebrovasculares. *Medicine*. 2011;10 (72): 4871-81
- 4 Bacones Serrano LM, Quezada García MY, Fernández Cid M, López Calle P, Tejero Gonzalez M. Daño cerebral sobrevenido en España: un acercamiento epidemiológico y sociosanitario. Oficina del Defensor del pueblo. Madrid, 28 Mayo 2005. [http://www.ardacea.es/files/A.-DEFENSOR-DEL-PUEBLO-Dano-Cerebral-sobrevenido-en -Espana.pdf](http://www.ardacea.es/files/A.-DEFENSOR-DEL-PUEBLO-Dano-Cerebral-sobrevenido-en-Espana.pdf).
- 5 Murie-Fernández M, Irimia P, Martínez-Vila E, John Meyer M, Teasel R. Neurorehabilitación tras el ictus. *Neurología*. 2010; 25(3): 189-196.
- 6 Arias Cuadrado A. Rehabilitación en ACV: evaluación, pronóstico y tratamiento. *Galicia Clin* 2009; 70 (3): 25-40
- 7 Bobath B. *Adult Hemiplegia: evaluation and treatment*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1990.
- 8 Brunnstrom S. *Movement Therapy in Hemiplegia*. Lon-dres: Harper & Row; 1970.
- 9 Flórez García M.T. Intervenciones para mejorar la función motora en el paciente con ictus. *Rehabilitación (Madr)* 2000; 34 (6): 423-437.
- 10 Rodríguez Prunotto L, Cano de la Cuerda R, Cuesta Gómez A, Alguacil Diego I.M, Molina Rueda F. Terapia robótica para la rehabilitación del miembro superior en patología neurológica. *Rehabilitación (Madr)*. 2014; 48 (2):104-128.

- 
- 11 Newport R. Ventajas de la rehabilitación asistida mediante robot en la recuperación de las funciones motriz y visuoespacial en pacientes en fase de recuperación de un accidente cerebrovascular. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2006; 41 (Supl 2): 66-73
- 12 Aisen M.L, Krebs H.I, Hogan N, McDowell F, Volpe B.T. El efecto de la terapia asistida por robot y la formación de rehabilitación en la recuperación motora tras accidente cerebrovascular. *Arco Neurol.* 1997 Apr; 54 (4): 443-6
- 13 Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of Robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A Systematic Review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008;22 (2): 111-21.
- 14 Moreno F, Ojeda J, Esmitt Ramírez J, Mena C, Rangel J. Un Framework para la Rehabilitación Física en Miembros Superiores con Realidad Virtual. *Primera Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas; 2013; Venezuela, Club Puerto Azul (Naiguatá).* p.77-84
- 15 Fluet GG , Patel J , Qiu Q , Yarossi M , Massood S. Motor skill changes and neurophysiologic adaptation to recovery-oriented virtual rehabilitation of hand function in a person with subacute stroke: a case study. *Disabil Rehabil.* 2016 Sept; 1-8.
- 16 Sung In T, Sim Jung K, Won Lee S, Ho Song C. Virtual Reality Reflection Therapy Improves Motor Recovery and Motor Function in the Upper Extremities of People with Chronic Stroke. *J. Phys. Ther. Sci.* 2012; 24 (4): 339 - 343.
- 17 Palma GCDS, Freitas TB, Bonuzzi GMG, Soares MAA, Leite PHW, Mazzini NA, et al. Effects of virtual reality for stroke individuals based on the International Classification of Functioning and Health: a systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 31 de Octubre de 2016; 1-10.
- 18 MoCA Montreal - Cognitive Assessment [Internet]. MoCA Montreal - Cognitive Assessment. 2017 [citado el 22 Marzo 2017]. Disponible en: <http://mocatest.org>

---

<sup>19</sup> Kang N, Cauraugh JH. Force control improvements in chronic stroke: bimanual coordination and motor synergy evidence after coupled bimanual movement training. *Exp Brain Res*. Febrero de 2014;232(2):503-13.

<sup>20</sup> Collin C, Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1990;53(7):576-579.

<sup>21</sup> Sánchez Cabeza, Á. *Terapia ocupacional para la rehabilitación del control motor*. 1st ed. Madrid: Ed. Académica Española; 2011

<sup>22</sup> Sánchez Cabeza Á. *Terapia Ocupacional en disfunciones físicas*. 1st ed. Madrid: Ed. Síntesis; 2015.

