

# REHABILITACIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR A TRAVÉS DE LA IMAGINERÍA MOTORA GRADUADA Y SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL TRAS UN ICTUS: UN ESTUDIO PILOTO

## UPPER LIMB REHABILITATION THROUGH GRADED MOTOR IMAGERY AND VIRTUAL REALITY SYSTEM AFTER STROKE: A PILOT STUDY



### Enrique Villa-Berges\*

Terapeuta Ocupacional. PDI Universidad de Zaragoza. Doctorando en Ciencias de la Salud y del Deporte, Universidad de Zaragoza. España

<https://orcid.org/0000-0003-4119-0640>

### Correo electrónico de contacto

[evilla@unizar.es](mailto:evilla@unizar.es)

\*persona autora para la correspondencia



### Miguel Gómez-Martínez

Terapeuta Ocupacional. Departamento de Terapia Ocupacional, Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle. Occupational Thinks, Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle. Instituto de Rehabilitación Funcional (IRF-La Salle). España.

<https://orcid.org/0000-0002-1305-5495>

**DeCS** Accidente Cerebrovascular; Terapia ocupacional  
**Palabras Clave** Actividades de la Vida Diaria; Función del Miembro Superior; Imaginería Motora Graduada; Realidad Virtual; Terapia de Espejo **MeSH** Stroke; Occupational Therapy. **Key words** Daily Life Activities; Functionality of the Upper Limb; Graded Motor Imagery. Virtual Reality; Mirror Therapy.

**Objetivos:** evaluar el efecto de una intervención combinada de Realidad Virtual e Imaginería Motora Graduada sobre la funcionalidad del miembro superior afecto en adultos con ictus en fase crónica. **Método:** un estudio piloto, cuasiexperimental, de un único grupo, en el que participaron 5 pacientes adultos con ictus en fase crónica durante 5 semanas, durante el cual recibieron tratamiento combinado de Realidad Virtual y de Imaginería motora graduada. La funcionalidad del miembro superior se evaluó con la escala Fugl-Meyer Assessment, Motor Activity Log-30, Abilhand, Barthel, Asworth, Box and Blocks, Nine Hole Peg Test y medidas propias del dispositivo de Realidad Virtual y de la lateralidad.

**Resultados:** la Realidad Virtual e Imaginería motora graduada mejoraron la funcionalidad del miembro superior, mejorando resultados en la lateralidad ( $p=0,043$ ) y la RV de la actividad nº 2 ( $p=0,043$ ), respectivamente, así como el cuestionario Motor Activity Log-30, en el que se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre la valoración inicial y final con una ( $p=0,043$ ). **Conclusiones:** la intervención combinada con RV e IMG parece mejorar la funcionalidad del miembro superior en adultos con ictus en fase crónica, pero sería necesario realizar estudios con un tamaño muestral mayor, para determinar la efectividad y las posibles mejoras de la funcionalidad de las extremidades al combinar la RV y la IMG.

**Objective:** This study aims to evaluate the effect of a combined Virtual Reality and Graded Motor Imaging intervention on the functionality of the affected upper limb in adults with chronic stroke. **Methods:** A single-group, quasi-experimental, pilot study involving 5 adult patients with chronic stroke for 5 weeks, during which they received combined VR and IMG treatment. Upper limb functionality was assessed with the Fugl-Meyer Assessment, Motor Activity Log-30, Abilhand, Barthel, Asworth, Box and Blocks and Nine Hole Peg Test, as well as the tools from the VR and GMI devices. **Results:** VR and IMG improved the functionality of the upper limb, improving results in laterality ( $p=0.043$ ) and VR of activity no. 2 ( $p=0.043$ ), respectively, as well as the Motor Activity Log-30 questionnaire, in which statistically significant differences were obtained between the initial and final assessment with a ( $p=0.043$ ). **Conclusions:** Combined intervention with VR and IMG appears to improve upper limb function in adults with chronic stroke, but studies with larger sample sizes are needed to determine the effectiveness and possible improvements in limb function when combining VR and IMG.

Texto recibido: 30/01/2023

Texto aceptado: 29/05/2023

Texto publicado: 31/05/2023

Derechos de persona autora



## INTRODUCCIÓN

El término "ictus" se emplea como sinónimo de accidente cerebrovascular (ACV). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el ictus como el síndrome clínico caracterizado por el rápido desarrollo de síntomas y/o signos de afección neurológica focal o global, que persiste más de 24 horas e incluso puede conducir a la muerte, sin otra causa aparente que el origen vascular <sup>(1)</sup>. Actualmente, el ictus, es una de las enfermedades de mayor discapacidad en adultos, y que afecta desarrollo de las actividades de la vida diaria (AVD) <sup>(2)</sup>.



**COTOGA**  
 COLEGIO OFICIAL  
 DE TERAPEUTAS OCUPACIONALES  
 DE GALICIA

Muchos han sido los avances en estas últimas décadas, sobre los tratamientos y cómo abordar en todas las áreas a las personas que han sufrido un ictus, pero aun con ello, las consecuencias que sufren son muy drásticas y preocupantes. Tal es así, que la principal secuela (afecta alrededor del 80% de los pacientes) es la hemiplejía o hemiparesia, donde se ve afectada la movilidad de un hemicuerpo<sup>(3)</sup>. En concreto, la afectación de la extremidad superior, representa la principal causa de discapacidad funcional, y origina limitaciones para el desempeño de las actividades de la vida diaria<sup>(4,5)</sup>. Actualmente, los tratamientos con mayor evidencia científica para el tratamiento de personas con afectación de las extremidades superiores tras un ictus, tanto desde el enfoque de Terapia Ocupacional como en Fisioterapia, son las que se referencian en la guía clínica<sup>(6)</sup>. En dicha revisión, se exponen los estudios con mayor calidad de evidencia, entre otras, se mencionan la práctica mental o imagería motora, la terapia de espejo y la realidad virtual.

### *Imaginería motora graduada*

La Imaginería motora graduada (IMG) es un enfoque que está pensado para promover la activación cerebral cortical graduada y puede promover la recuperación de la funcionalidad motora del miembro superior después de un ictus<sup>(7)</sup>. Se basa en la activación secuencial de las redes corticales pre-motora y motora a través de una tarea de reconocimiento de lateralidad, movimientos imaginados y Terapia de Espejo<sup>(8)</sup>.

En el caso de la imagería motora, esto sucede cuando el movimiento es imaginado, más que ejecutado e implica un impulso voluntario. De esta manera podemos generar un movimiento sin necesidad de ejecutarlo<sup>(9,10)</sup>.

También se introduce el concepto de la lateralidad y la representación cortical de la mano que tiene presencia en el homúnculo de Penfield. Es importante saber reconocer una mano representada como una mano izquierda o derecha, ya que activa áreas cerebrales involucradas en aspectos de orden motor, denominados corticales pre-motor<sup>(9)</sup>. Como complemento se introduce la Terapia en Espejo, que consiste en la observación por mediante un espejo con la intención de imitar, de esta manera se reflejan los movimientos del lado sano como si fueran el afecto, de esta manera se activan las neuronas en espejo. Por ello, conseguiremos activar zonas del córtex motor, premotor y otras áreas del cerebro que podrían estar relacionadas<sup>(11)</sup>.

Existen múltiples estudios que hablan de los beneficios de la IM en ictus, así como su beneficio en la funcionalidad del miembro superior como técnica complementaria<sup>(12,13)</sup>.

### *Realidad virtual*

El uso de programas de Realidad Virtual (RV) en neuro-rehabilitación se está extendiendo cada vez más entre profesionales sanitarios. Varios estudios observaron que la RV puede inducir cambios plásticos dependientes del uso en respuesta a la estimulación interna de áreas corticales motoras superiores<sup>(14,15)</sup>.

La terapia visuomotora basada en la RV ofrece potencial para mejorar específicamente la recuperación funcional, y a través de tareas de repetición, induce la formación del patrón correcto de actividad celular en el SNC<sup>(16)</sup>.

Es necesario, que las acciones estén relacionadas con un fin. Al introducir a la terapia diferentes tipos de feedback (visual, auditivo y háptico), el aprendizaje del paciente también se ve reforzado. Según lo expuesto por Holden en su revisión<sup>(16)</sup>, los sistemas de realidad virtual cumplen los conceptos clave para que acontezca el aprendizaje motor y los cambios corticales. Estos son: la repetición, el feedback y la motivación<sup>(15)</sup>. Los beneficios de la RV han sido demostrados, no sólo desde un punto de vista estadístico, sino también clínico, siendo una opción terapéutica con un efecto comprobado<sup>(17)</sup>.

Por consiguiente, se puede llegar a la conclusión de que todos estos marcos y conceptos teóricos, tienen relación y encajan perfectamente dentro del estudio de investigación que queremos llevar a cabo, combinando la IMG y la RV, para analizar y describir los beneficios que pueden tener en la recuperación del miembro superior.

## Objetivos

El objetivo de este estudio pretende evaluar el efecto de una intervención combinada RV e IMG sobre la funcionalidad del miembro superior afecto, en adultos con ictus en fase crónica. Evaluar el efecto de una intervención combinada de RV e IMG, en relación a los procesos somatosensoriales (cambios en la sensibilidad superficial) y la autonomía personal (desarrollo de las ABVD), en adultos con ictus en fase crónica. Analizar la influencia de un programa de intervención de IMG y RV, sobre la percepción sobre la discapacidad percibida del miembro superior, en adultos con ictus en fase crónica.

## MÉTODOS

### Diseño

Es un tipo de diseño de estudio piloto cuasiexperimental.

### Participantes

El tipo de participantes fueron tanto masculinos como femeninos, y no hubo ninguna exclusión ni de raza, sexo o edad, el rango de edad fue de 44 a 80 años de edad. Los participantes del estudio fueron de la localidad de Zaragoza. El reclutamiento se realizó por medio de difusión de dípticos en los principales hospitales y asociaciones de la localidad. Los 5 participantes del estudio, fueron las 5 únicas personas que aceptaron la invitación de inicio de la investigación.

### Criterios de selección

#### *Criterios de Inclusión:*

- Personas con Accidente Cerebro-Vascular.
- Hemiparesias del hemisferio izquierdo o derecho.
- Ictus en fase crónica.
- Tener hipertensión leve moderada, Asworth: 1, +1 o 2.
- Personas residentes en Zaragoza o alrededores.
- Ser mayor de edad.

#### *Criterios de exclusión:*

- Personas que hayan sido tratadas con Toxina Botulínica 6 meses antes del estudio.
- Personas con alteraciones de conducta.
- Presentar rigideces que limiten de forma total la funcionalidad del miembro superior.
- Importante dolor del miembro superior afecto.
- Afectación en la comprensión del lenguaje (afasia).
- Tener afectación senso-perceptiva (heminegligencia).

### Instrumentos

Las evaluaciones comenzaron una semana antes de la intervención, y fueron realizadas por el investigador principal.

Los instrumentos de valoración que se han utilizado para este estudio son los siguientes:

- *Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after stroke* <sup>(18)</sup>. Se trata de una escala donde el área de evaluación comprende las AVD, la movilidad funcional y el dolor. Valora tanto la sensibilidad como lo motor, es de tipo observacional y el tipo que se utilizado para pasarla es reducido, de 6 a 30 minutos. Evalúa y mide la recuperación en pacientes hemipléjicos posteriores al accidente cerebrovascular. Las puntuaciones van de 0 a 2 puntos en cada uno de los apartados que se puntúa. Una de las medidas cuantitativas más utilizadas del deterioro motor (Gladstone et al, 2002).
- *Cuestionario Abilhand* <sup>(19)</sup>. Es una medida de habilidad manual para adultos con impedimentos de miembros superiores. La escala mide la capacidad de una persona para manejar las AVD que requieren el uso de los miembros superiores, cualesquiera que sean las estrategias involucradas. Ha sido validado en pacientes adultos con accidente cerebro-vascular crónico, artritis reumatoide y esclerosis sistémica (edad 16-80). El Abilhand es una entrevista donde se le pide al paciente que estime la facilidad o dificultad de realizar cada actividad cuando las actividades se realizan sin ayuda. Tenga en cuenta que al paciente nunca se le pide que realice las actividades delante del evaluador. Las puntuaciones asignadas van de "Imposible: 0 puntos", "Difícil: 1 punto", y "Fácil: 2 puntos".
- *Motor Activity Log* <sup>(20)</sup>. Es una entrevista semi-estructurada que evalúa la función del brazo. Mide actividad y participación. El tiempo estimado para pasarla es reducido, unos 20 minutos. A las personas se les pide que califiquen la Calidad de Movimiento y la Cantidad de Movimiento durante 30 tareas funcionales diarias. Las tareas a analizar incluyen la manipulación de objetos, así como el uso del brazo durante las actividades motrices gruesas. La puntuación oscilará entre 0 y 5 puntos.

- *Escala Asworth modificada* <sup>(21)</sup>. Mide la espasticidad en pacientes con lesiones del Sistema Nervioso Central. Prueba la resistencia al movimiento pasivo alrededor de una articulación con diferentes grados de velocidad. Las puntuaciones van de 0-4, con 5 opciones. Una puntuación de 1 indica que no hay resistencia, y 5 indica rigidez.
- *Índice de Barthel modificado de Shah* <sup>(22)</sup>. Evalúa la capacidad de un individuo con un trastorno neuromuscular o musculoesquelético, para cuidar de sí mismo. El área de evaluación son las AVD, movilidad funcional y transferencias. Su puntuación irá desde los 0 puntos hasta los 10 puntos por cada ítem.
- *Box and Blocks* <sup>(23)</sup>. Evalúa la destreza manipulativa gruesa unilateral. El tiempo de administración de la prueba es de 1 minuto por cada miembro superior evaluado. Instrucciones: Los individuos están sentados en una mesa, frente a una caja rectangular que se divide en dos compartimentos cuadrados de igual dimensión, divididos por medio de un tabique. Se colocan 150 cubos o bloques de madera de 2,5 cm de grosor en un departamento u otro, en función del hemicuerpo a evaluar.
- *Nine Hole Peg Test* <sup>(23)</sup>. Evalúa la destreza manipulativa fina. Se debe proporcionar una prueba práctica (por brazo) antes de cronometrar la prueba. El tiempo debe realizarse con un cronómetro y registrarse en segundos. El cronómetro se inicia cuando el paciente toca la primera clavija. El cronómetro se detiene cuando el paciente coloca la última clavija en el contenedor.
- *Hoja de registro Lateralidad*. Consiste en anotar en cada sesión los aciertos obtenidos y el tiempo conseguido, reconociendo si la imagen visualizada corresponde a la mano izquierda o a la derecha.
- *Datos psicométricos de sistema RV RGS*. Consiste en un dispositivo de RV donde se pueden realizar numerosas actividades, recopilando datos sobre la distancia cubierta y el área cubierta de las extremidades superiores. Se trata de un dispositivo que contempla la participación de ambas extremidades superiores, adaptando la actividad al nivel del usuario.

## Procedimientos

El estudio se realizó durante los meses de abril y mayo del 2018, para poder observar diferencias entre el pre y la post intervención. El tratamiento fue de 3 sesiones a la semana a realizar por cada paciente, durante una hora de tratamiento, donde se dividió cada parte de las técnicas de una forma estructurada, se detalla más adelante en una sesión tipo. El total de pacientes que participaron en el estudio fueron de 5 personas.

El desarrollo del estudio está encaminado a establecer unos criterios fundamentales para todos los pacientes, como pueden ser escalas y valoraciones para poder agruparlos en función de sus limitaciones en las actividades de la vida diaria, y poder observar su progresión en ellas.

Se establece un guion de análisis y anamnesis, para poder elaborar una historia clínica y unas escalas que puedan reportarnos datos objetivos, desde su primera sesión hasta el último día de tratamiento.

Para la elaboración del estudio se ha seguido la siguiente estructura: en una primera fase, se componen unos criterios de inclusión y exclusión de pacientes, para determinar el tipo de población que se llevará a cabo en el estudio. Después se realiza una evaluación y anamnesis de los pacientes, con sus consiguientes herramientas de valoración para poder analizar la funcionalidad del miembro superior afecto antes y después del estudio. En una segunda fase, se realiza el tratamiento rehabilitador del miembro superior afecto que consiste en, IMG: construcción de la lateralidad, imaginación de los movimientos, terapia de espejo, y a continuación, entrenamiento funcional con RV. En una tercera fase, se procederá a una revaloración y comparación de datos con las herramientas de valoración que inicialmente se utilizaron.

## Protocolo

La implementación del tratamiento sobre IMG y RV, está dividida en 4 fases, que se detallan a continuación:

- *Trabajo de lateralidad*: El paciente tendrá que detectar si la mano que está visualizando es la representación de su mano derecha o izquierda. La prueba tendrá una duración aproximada de entre 5 y 10 minutos.
- *Imaginación mental*: Evocar el recuerdo con sus propios pensamientos y experiencias, de un movimiento o acción, sobre las ABVD, tales como tales como el vestido, la higiene personal y la alimentación. La duración de este ejercicio oscilará entre los 15 y 20 minutos.
- *Terapia en espejo*: La terapia utiliza espejos para transmitir información visual a través de la observación de los movimientos, se realiza en la parte no afectada. Se realiza una graduación de ejercicios propios en función de cada semana, comenzando de ejercicios simples, hasta realizar

ejercicios relacionados con las actividades de la vida diaria, anteriormente mencionados. La duración aproximada será entre 10-15 minutos.

- *Realidad Virtual*: Todos los aspectos trabajados anteriormente, se extrapolarán hacia el entrenamiento funcional y habilidad del MS, en los juegos específicos diseñados por este sistema. La duración aproximada será entre 20-30 minutos.

## Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el programa informático estadístico IBM SPSS Statistic v. 24.0. Se realizó un análisis descriptivo de las variables independientes, de las variables modificadoras del efecto y de las variables dependientes. En las variables cuantitativas se calculó la media, la desviación estándar y el rango. Para verificar si los valores de las variables cuantitativas siguen una distribución normal, se realizó la prueba de test de Kolmogorov-Smirnov, según los resultados de este test, se aplicaron no paramétricas. La prueba que se utilizó, fue la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Estos datos se muestran en la tabla 1.

## Consideraciones éticas

Este trabajo de investigación no tiene informe de comité de ética, al ser un estudio de casos y entendiendo que los tratamientos con IMG y RV se pueden plantear como tratamiento habitual (usual care), se obtuvo permiso del centro donde se realizó la intervención y se siguieron las recomendaciones de los principios éticos de la declaración de Helsinki. Además, todas las personas participantes fueron informadas y tuvieron la posibilidad de revocar su participación en cualquier fase del estudio, firmando los consentimientos informados. En esta misma línea se ha respetado el anonimato y confidencialidad de todas las personas participantes en el estudio, atendiendo al Reglamento (UE) 2016/679 del parlamento europeo y del consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la directiva 95/46/ce y la Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales.

## RESULTADOS

Entre los meses de abril y mayo de 2018, se realizó un estudio piloto con 5 (4 hombres y 1 mujer) pacientes con patología de ictus. No hubo ningún abandono del protocolo por parte de los pacientes, todos completaron el tratamiento asignado. La edad media de los pacientes fue de 66,40, con una desviación típica de 14,231, y siendo el participante de menor edad de 44 años y el mayor de 80.

En relación al tiempo de evolución de la patología, todos los pacientes son de carácter crónico, siendo más representativo la lesión del hemisferio izquierdo, las cuales han producido déficits funcionales en el miembro superior derecho (80%). Cabe destacar que, dentro de la patología, el tipo de lesión que más presencia tenía era el ictus hemorrágico (60%).

Al realizar el análisis de las variables, en concreto la variable somatosensorial (recognise), podemos resaltar que se produjeron datos estadísticamente significativos con un ( $P^o=0,043$ ), en cambio, la parte de lateralidad-aciertos, no se obtuvieron cambios ( $P^o= 0,066$ ). En cuanto a los datos obtenidos de la actividad número 2 del sistema de RV RGS (distancia cubierta y área cubierta), resaltamos que, en dicha actividad,

**Tabla 1** Análisis descriptivo de las variables.

	N	INICIAL (Media±SD)	FINAL (Media±SD)	P-VALOR
BARTHEL	5	75,80(17,88)	78,60 (17,78)	,102
ABILHAND	5	14,00 (13,92)	16,40 (13,50)	,194
MAL-30	5	33,40 (37,32)	40,80 (36,25)	,043
Fugl-Meyer	5	23,00 (15,89)	26,00 (16,43)	,068
Asworth	5	1,40 (0,54)	1,40 (0,54)	1
Nine Hole Peg Test	1	70,00	85,00	-
Box and Blocks	3	5,67 (6,42)	10,33 (9,07)	,109
RECOGNISE ACIERTO	5	13,60 (3,20)	16,20 (1,78)	,066
RECOGNISE TIEMPO	5	167,80 (91,86)	122,00 (66,53)	,043
RV 1 INICIAL (DC)	5	1240,00 (230,2)	2100,00 (751,66)	,080
RV 1 INICIAL (AC)	5	7,00 (1,00)	10,80 (5,26)	,225
RV 2 INICIAL (DC)	5	1040,00 (114,01)	1920,00 (164,31)	,043
RV 2 INICIAL (AC)	5	6,80 (5,54)	15,00 (8,33)	,043
RV 3 INICIAL (DC)	5	40 20,00 (2014,20)	3240,00 (789,30)	,273
RV 3 INICIAL (AC)	5	14,20 (9,03)	17,20 (8,92)	,357
RV 4 INICIAL (DC)	5	2580 (580,51)	2980,00 (1497,33)	,465
RV 4 INICIAL (AC)	5	21,60 (10,13)	20,60 (15,06)	,893

\*DC: Distancia Cubierta \*AC: Área Cubierta

Las variables continuas han sido descritas usando medianas

Nota: Elaboración propia.



muestran valores estadísticamente significativos de ( $P^0=0,043$ ).

También podemos mencionar qué, no se han producido cambios significativos en las escalas de Fugl-Meyer Assessment, en la subprueba de miembro superior ( $P^0= 0,068$ ) y Asworth modificado, ni en el índice de Barthel, así como los test Box and Blocks y Nine Hole Peg Test. En cuanto a los cuestionarios de percepción de la discapacidad del miembro superior, el ABILHAND no se han encontrado datos significativos pero sí en el cuestionario MAL-30, donde se ha obtenido una ( $P^0= 0,043$ ), existen artículos científicos que hablan de los resultados estadísticamente significativos del MAL en la mejora de la percepción de la funcionalidad del miembro superior <sup>(24,25)</sup>.

## DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio piloto fue combinar la RV con la IMG en personas adultas con ictus crónico, y observar si se producían cambios en la representación del miembro superior a nivel cortical y si esto se reflejaba en mejoras funcionales del MS afecto. Varios estudios científicos nos muestran que técnicas como la terapia de observación, imaginación motora o la técnica de observación-acción como la RV y la práctica de la lateralidad <sup>(24)</sup>, producen plasticidad cortical a largo plazo, produciendo mejoras clínicas y generando un mayor impacto sobre la rehabilitación del miembro superior <sup>(26,27)</sup>.

La práctica mental provoca los mismos mecanismos neurales y musculares que la práctica física. Por lo tanto, si se usa repetitivamente, se piensa que su uso aumenta la readquisición de las habilidades después de un ictus <sup>(28)</sup>. Este tipo de técnicas se incluye dentro de las terapias que se basan en la repetición y la intensidad de la tarea para producir cambios plásticos a nivel cortical. En un ensayo clínico aleatorizado, donde el grupo experimental realizaba IMG, mostró cambios significativos en la función de las extremidades superiores <sup>(29)</sup>.

De esta manera podemos observar que en los datos reflejados en la parte de lateralidad-tiempo, se produjeron datos estadísticamente significativos con un ( $P^0=0,043$ ), en cambio, la parte de lateralidad-aciertos, no se obtuvieron cambios ( $P^0= 0,066$ ), pero igual con más sesiones y una mayor intensidad, quizás se produjeran esos cambios. No podemos asegurar con certeza que se hayan producido cambios plásticos en cuanto a la representación del miembro superior afecto a nivel cortical, pero si existen datos significativos que nos pueden indicar que pueden llegar a producirse.

Por otro lado, presentamos un paradigma basado en RV para la neurorrehabilitación, RGS, que combina principios de rehabilitación con una evaluación psicométrica para proporcionar una formación personalizada y automatizada. Los resultados muestran que el RGS se ajusta efectivamente a las características individuales del usuario, lo que permite una supervisión y permite crear protocolos individualizados de rehabilitación <sup>(30)</sup>.

Algunos estudios revelan, que los pacientes con afectación más grave del miembro superior, estuvieron realizando una tarea repetitiva de forma voluntaria más tiempo durante el entrenamiento de RV, lo que puede influir en la recuperación de la función motora <sup>(31,32)</sup>. El reforzar el uso del brazo mediante el aumento del feedback visuomotor, como propone el sistema Gaming System RGS, parece beneficioso para inducir mejoras significativas en pacientes con ictus crónico <sup>(30)</sup>. Otro de los estudios científicos que habla de la RV, y en concreto del sistema RGS, que he utilizado en este estudio, nos dice que RGS facilita el funcionamiento de la recuperación de las extremidades superiores en personas con ictus <sup>(33)</sup>.

Además, la amplificación del movimiento de la extremidad parética en un entorno visual promueve el uso de la extremidad parética en pacientes con ictus. Los resultados obtenidos de varios estudios nos indican que las terapias basadas en el refuerzo pueden ser un enfoque eficaz para contrarrestar el no-uso aprendido y pueden modular el desempeño motor en el mundo real <sup>(34,35)</sup>. Por consiguiente, podemos argumentar que los datos obtenidos de la actividad número 2 del sistema de RV RGS (distancia cubierta y área cubierta) con valores estadísticamente significativos de ( $P^0=0,043$ ), han sido los más relevantes en este estudio en relación a los beneficios y mejoras de la funcionalidad del miembro superior afecto durante la reproducción de dicha actividad.

La evidencia científica actual demuestra que en ciertos pacientes con paresia moderada del miembro superior, un enfoque terapéutico basado en el reaprendizaje motor que estimule el potencial de neuroplasticidad del SNC junto con terapias ya conocidas (CIMT, terapia con espejo, FES,...), se incorporen nuevas terapias que introducen a robótica o la realidad virtual, puede ser más útil para mejorar la función motora <sup>(6,24)</sup>.



## Limitaciones del estudio

La principal limitación del estudio ha sido el tamaño muestral, ya que los datos obtenidos, no pueden ser representativos y extrapolables a un conjunto de la población, además de que la muestra fue muy heterogénea, limitando todavía más la generalización de resultados.

Las fortalezas que muestra este estudio son, que la combinación de RV e IMG pueden ayudar a producir cambios en la funcionalidad del miembro superior, siendo técnicas que se basan en el aprendizaje motor, y que pueden ser accesibles para aplicar en la clínica, y, por ende, a realizar tratamientos específicos basados en la evidencia.

## Futuras líneas de la investigación

Podemos exponer de este estudio, que la combinación de RV e IMG puede ser un área de investigación en el futuro, y se requieren más estudios con un tamaño muestral mucho más amplia y un grupo control, para darle una mayor validez a este tipo de estudio, y que puedan determinar si la combinación de ambos tratamientos induce mejoras en la funcionalidad de las extremidades superiores.

## Aplicabilidad

El estudio realizado puede aportar información que sirva como base de una intervención combinada de IMG y RV, puede ser efectiva para promover la mejora de la funcionalidad del miembro superior tras sufrir un ictus.

## CONCLUSIÓN

En resumen, los datos indican una mejora en la discapacidad percibida, y beneficios sobre la funcionalidad motora del miembro superior afecto, al finalizar el tratamiento de combinación del sistema RGS y la IMG, viendo mejorados sus resultados en la prueba de lateralidad, consiguiendo mayor percepción, representación y participación de su mano en situaciones concretas de las ABVD (vestido, aseo personal y alimentación).

Podemos argumentar que hay numerosos artículos de la literatura científica, que indican la existencia de beneficios de la funcionalidad de las extremidades superiores con técnicas que usan la terapia de observación, la observación-acción y la imaginación motora, todas ellas hablan sobre los principios de las neuronas en espejo y los posibles cambios neuroplásticos que se originan a nivel cortical y se mantienen a largo plazo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Este trabajo ha sido realizado por los dos autores desde la concepción hasta la revisión crítica del manuscrito. EVB ha participado activamente en: concepción y diseño del trabajo, reclutamiento de los participantes, implementación de la intervención, análisis de resultados y redacción del manuscrito. MGM ha participado activamente en el análisis de los resultados, la revisión crítica del manuscrito y aprobación de la versión final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OMS. OMS Enfermedades cardiovasculares [Internet]. 2017. Available from: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
2. Murray CJL, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman AD, Michaud C, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* (London, England) [Internet]. 2012 Dec 15 [cited 2019 Aug 2];380(9859):2197-223. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23245608>
3. Lawrence ES, Coshall C, Dundas R, Stewart J, Rudd AG, Howard R, et al. Estimates of the prevalence of acute stroke impairments and disability in a multiethnic population. *Stroke*. 2001 Jun;32(6):1279-84.



4. Azad A, Mahmoodi-Manbar A, Arani-Kashani Z. Effect of motor imagery training with sensory feedback on sensory-motor function of the upper extremity in patients with chronic stroke. *J babol Univ Med Sci* [Internet]. 2018;20(9 CC-Stroke):28-35. Available from: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01650425/full>
5. Levin MF, Weiss PL, Keshner EA. Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: incorporation of motor control and motor learning principles. *Phys Ther* [Internet]. 2015;95(3):415–25. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25212522%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4348716>
6. Teasell R, Hussein N, Mirkowski M, Vanderlaan D, Saikaley M, Longval M, et al. Stroke rehabilitation clinician handbook. *Hear Stroke Found* [Internet]. 2020;1–60. Available from: [www.ebrsr.com](http://www.ebrsr.com)
7. Polli A, Moseley LG, Gioia E, Beames T, Baba A, Agostini M, et al. Graded motor imagery for patients with stroke: a non-randomised controlled trial of a new approach. *Eur J Phys Rehabil Med* [Internet]. 2017;(February):14–23. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27442717>
8. NCT01993563. Graded Motor Imagery for Patients Within a Year After Stroke. <https://clinicaltrials.gov/show/nct01993563> [Internet]. 2013; Available from: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01479268/full>
9. Bai O, Huang D, Fei DY, Kunz R. Effect of real-time cortical feedback in motor imagery-based mental practice training. *NeuroRehabilitation*. 2014;34(2):355–63.
10. Kosslyn SM, Cacioppo JT, Davidson RJ, Hugdahl K, Lovallo WR, Spiegel D, et al. Bridging psychology and biology. The analysis of individuals in groups. *Am Psychol*. 2002 May;57(5):341–51.
11. Mirela Cristina L, Matei D, Ignat B, Popescu CD. Mirror therapy enhances upper extremity motor recovery in stroke patients. *Acta Neurol Belg*. 2015;115(4).
12. López ND, Monge Pereira E, Centeno EJ, Miangolarra Page JC. Motor imagery as a complementary technique for functional recovery after stroke: a systematic review. *Top Stroke Rehabil*. 2019 Dec;26(8):576–87.
13. Khan MA, Das R, Iversen HK, Puthusserypady S. Review on motor imagery based BCI systems for upper limb post-stroke neurorehabilitation: From designing to application. *Comput Biol Med*. 2020 Aug;123:103843.
14. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;2017(11).
15. Bonafe AA, Martínez A. Aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación motora de los pacientes tras un Ictus: Una revisión Bibliográfica. *Rev Fisioter*. 2013;12(2):7–22.
16. Holden MK. Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review. *CyberPsychology Behav* [Internet]. 2005;8(3):187–211. Available from: <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/cpb.2005.8.187>
17. Lee HS, Park YJ, Park SW. The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: A systematic review and meta-analysis. Vol. 2019, *BioMed Research International*. 2019.
18. Platz T, Pinkowski C, van Wijck F, Kim I-H, di Bella P, Johnson G. Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study. *Clin Rehabil*. 2005 Jun;19(4):404–11.
19. Ekstrand E, Lindgren I, Lexell J, Brogårdh C. Test-retest reliability of the ABILHAND questionnaire in persons with chronic stroke. *PM R* [Internet]. 2014;6(4):324–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.09.015>
20. Van Der Lee JH, Beckerman H, Knol DL, De Vet HCW, Bouter LM. Clinimetric properties of the motor activity log for the assessment of arm use in hemiparetic patients. *Stroke*. 2004;35(6):1410–4.
21. Gregson JM, Leathley M, Moore AP, Sharma AK, Smith TL, Watkins CL. Reliability of the tone assessment scale and the modified Ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(9):1013–6.
22. Cid-Ruzafa J, Damián-Moreno J. [Disability evaluation: Barthel's index]. *Rev Esp Salud Publica*. 1997;71(2):127–37.
23. Chen HM, Chen C, Hsueh IP, Huang SI, Hsieh CL. Test-Retest Reproducibility and Smallest Real With Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(17):435–40.
24. Sun L, Yin D, Zhu Y, Fan M. Cortical reorganization after motor imagery training in chronic stroke patients with severe motor impairment: a longitudinal fMRI study. 2013;913–25.
25. Viñas-Diz S, Sobrido-Prieto M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review | Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: Revisión sistemática. *Neurologia*. 2016;31(4):255–77.
26. Ertelt D, Small S, Solodkin A, Dettmers C, McNamara A, Binkofski F, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage*. 2007;36(SUPPL. 2):164–73.
27. Thieme H, Bayn M, Wurg M, Zange C, Pohl M, Behrens J. Mirror therapy for patients with severe arm paresis after stroke--a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2013 Apr;27(4):314–24.
28. Peters HT, Page SJ. Integrating Mental Practice with Task-specific Training and Behavioral Supports in Poststroke Rehabilitation. Evidence, Components, and Augmentative Opportunities. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2015;26(4):715–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmr.2015.06.004>
29. Ji EK, Wang HH, Jung SJ, Lee KB, Kim JS, Jo L, et al. Graded motor imagery training as a home exercise program for upper limb motor function in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2021 Jan;100(3):e24351.
30. Ballester BR, Maier M, San Segundo Mozo RM, Castañeda V, Duff A, M. J. Verschure PF. Counteracting learned non-use in chronic stroke patients with reinforcement-induced movement therapy. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2016;13(1):74. Available from: <http://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-016-0178-x>
31. Lee H-S, Lim J-H, Jeon B-H, Song C-S. Non-immersive Virtual Reality Rehabilitation Applied to a Task-oriented Approach for Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Restor Neurol Neurosci*. 2020;38(2):165–72.



32. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, Assmuss J, Becker F, Pallesen H, et al. Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content. BMC Neurol. 2016 Nov;16(1):219.
33. da Silva Cameirão M, Bermúdez I Badía S, Duarte E, Verschure PFMJ. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. Restor Neurol Neurosci. 2011;29(5):287–98.
34. Ballester BR, Nirme J, Duarte E, Cuxart A, Rodríguez S, Verschure P, et al. The visual amplification of goal-oriented movements counteracts acquired non-use in hemiparetic stroke patients. J Neuroeng Rehabil [Internet]. 2015;12(1):50. Available from: <http://www.jneuroengrehab.com/content/12/1/50>
35. Rodríguez-Hernández M, Polonio-López B, Corregidor-Sánchez A-I, Martín-Conty JL, Mohedano-Moriano A, Criado-Álvarez J-J. Can specific virtual reality combined with conventional rehabilitation improve poststroke hand motor function? A randomized clinical trial. J Neuroeng Rehabil. 2023 Apr;20(1):38.

Derechos de persona autora

