

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE  
FACULTAD DE MEDICINA  
TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**Contando repeticiones con RV: estudio observacional en  
personas con hemiparesia tras un ictus.**

AUTOR: García Arellano, Luis José

N.º Expediente: 404

TUTOR: Segura Heras, Jose Vicente

Departamento: Estadística, Matemáticas e  
Informática

COTUTOR: Úbeda Such, Antonio

Curso académico: 2023-2024

Convocatoria de junio



## **INDICE**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>18</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>21</b>



## RESUMEN

Este estudio se centra en la observación de la aplicación de la Realidad Virtual (RV) para la rehabilitación en fisioterapia de pacientes con hemiparesia tras un ictus. Explorando si esta tecnología puede ayudar a aumentar el número de repeticiones de ejercicios en comparación con el tratamiento tradicional. Se observaron y analizaron 31 sesiones de fisioterapia de manera ambulatoria en un centro de neurorrehabilitación, utilizando el software Kinesix-VR. Los resultados indican que, durante los 45 minutos de cada sesión, el tiempo medio de aplicación de la RV de 9.68 minutos. Los pacientes que utilizaron este software realizaron una media de 61.55 repeticiones por sesión, consiguiendo así, 7.93 repeticiones/minuto frente a 2.35 repeticiones/minuto registradas en tratamiento convencional. Las limitaciones incluyen el tamaño reducido de la muestra (4 pacientes y 31 sesiones) y la falta de información detallada sobre las características clínicas de los participantes. Sin embargo, los datos sugieren que la RV podría ser una herramienta eficaz para aumentar la intensidad de la rehabilitación, aunque se necesitan estudios adicionales para confirmar estos hallazgos y evaluar su aplicabilidad en diferentes entornos clínicos.

**Palabras clave:** ictus, hemiparesia, rehabilitación, repeticiones, realidad virtual.

**Key words:** stroke, hemiparesis, rehabilitation, repetitions, virtual reality.



## INTRODUCCIÓN

El ictus es una de las principales causas de discapacidad sensoriomotora a nivel crónico, con persistente impotencia funcional de los Miembros Superiores (MMSS) [1]. La hemiparesia, que es la causa principal del déficit motor después de un accidente cerebrovascular, se caracteriza por una reducción en la capacidad de activar los músculos primarios (agonistas) y la presencia de una activación muscular no adecuada o indeseada en los antagonistas [2]. Estos déficits conllevan la incapacidad de realizar movimientos funcionales relacionados con las tareas del día a día.

Alrededor del 50% de pacientes con hemiparesia siguen presentando una disfunción considerable del movimiento mucho después del ictus [3], a diferencia de los estudios en animales, donde gran parte de ellos muestra completa recuperación funcional [4]. Entre las razones que explican el porqué de esa diferencia de resultados (apartando aspectos anatómicos propios de animales y etiológicos de la lesión) resaltan la diferencia de práctica experimentada [5]. En estudios con primates, estos realizaban alrededor de 600 repeticiones/día enfocadas a tareas funcionales (recolección de alimentos), para revertir al máximo la lesión cortical. Esta diferencia en la dosis de tratamiento es evidente al comparar estos estudios con otros realizados en humanos, donde la cantidad de práctica es mucho menor [6].

Así mismo, Lang, et al. [5] realizaron un estudio donde su objetivo también fue contabilizar el volumen de repeticiones en una sesión de rehabilitación motora. Observaron 36 sesiones de rehabilitación en Fisioterapia (FT) y Terapia Ocupacional (TO). En un tiempo promedio de 36 minutos/sesión contabilizaron, de media, 39 repeticiones en ejercicio activo, 34 repeticiones en ejercicios pasivos y 12 repeticiones de ejercicios enfocados a tarea. Concluyeron que este número de repeticiones observadas eran insuficientes. También comentan el bajo volumen de ejercicios enfocados a tarea, sabiendo que altas dosis de ellos, son una parte integral de la mejora del estado funcional [7]. Estos últimos movimientos serían equivalentes a los de recolección en primates.

Posteriormente, Lohse, et al [7], en su meta-análisis, estudiaron la relación entre la dosis de tratamiento y los resultados. Concluyeron que hay una relación positiva entre el tiempo de rehabilitación y los resultados de la terapia. Sus resultados sugieren que grandes dosis de terapia producen mejoras clínicas significativas. La “dosis” en estos estudios se toma del tiempo de terapia programado, siendo preferible como ellos recomiendan, tomar el tiempo activo de terapia y repeticiones en ejercicios como medidas para establecer la dosis.

Además de la dosis de tratamiento, que debe ser óptima, los ejercicios propuestos para inducir aprendizajes deben ser progresivos, desafiantes, enfocados a la resolución de problemas y adaptados a cada paciente y a su contexto [8-11]. Estos son algunos de los principios que favorecen la capacidad biológica llamada neuroplasticidad. Ésta, en el ámbito de la rehabilitación tras un ictus, podría definirse como cambios o reconexiones de las redes neuronales que fueron interrumpidas por un evento isquémico o hemorrágico [12]. Esa reorganización de conexiones neuronales permite que áreas adyacentes a las dañadas aprendan a realizar funciones similares, reemplazándolas parcial o totalmente [13].

Conociendo estos principios que favorecen la neuroplasticidad, la Realidad Virtual (RV) emerge como una posible solución para facilitarla. Esta tecnología en rehabilitación podría también ayudar a aumentar la intensidad de la terapia. Este uso se le conoce como Rehabilitación Virtual (VR siglas en inglés), se define como "uso de simulaciones interactivas creadas con hardware y software informático para ofrecer a los usuarios la oportunidad de participar en entornos que parecen y se sienten similares a los objetos y acontecimientos del mundo real" [14]. Actualmente existen diversos tipos de softwares para su aplicación en rehabilitación. Están basados en simulaciones de actividades de la vida diaria (AVD), o bien en juegos de entretenimiento (gamificados o basados en videojuegos). Ambas cuentan con ese componente importante de motivación y amplia variación de modalidades.

Las aplicaciones específicamente diseñadas para la VR permiten al terapeuta configurar tareas y ejercicios adecuadas a cada paciente y registrar métricas clínicamente relevantes que permiten tener una retroalimentación más objetiva [15,16]. Lohse et al [17] concluyó en su revisión que la duración, el tiempo y la frecuencia de práctica usando distintos tipos de VR fue mejor que la reportada en la terapia convencional.

Existe bastante consenso en que altas dosis de tratamiento pueden contribuir a mejores resultados [18,19]. El tratamiento convencional también tiene la problemática de no medir con exactitud el tiempo activo dentro de cada sesión. Se ha demostrado que los pacientes pasan menos de dos tercios del tiempo total de la sesión activamente y los fisioterapeutas tienden a sobrestimar la cantidad de tiempo activo [20,21]. El software de RV, en cambio, sí que permite registrar, entre otras variables, ese tiempo.

Como marco de referencia, en 2016 Brunner I, et al [22] midieron y compararon la intensidad entre VR y sesiones tradicionales en pacientes post ictus. Ellos enfocan la medición en porcentaje de tiempo activo intrasesión. Dentro de su discusión comentan que la VR permitió una mayor relación de actividad en pacientes con afectación más severa y que esta modalidad provee un rango mayor de tareas estimulantes para los pacientes.

Es por todo lo antes expuesto que planteamos este estudio. Cuyo objetivo es analizar los datos recopilados por el software sobre la cantidad de repeticiones de ejercicios que los pacientes fueron capaces de realizar usando tecnología de RV dentro de una sesión de rehabilitación y, comparar los resultados con los resultados obtenidos en el estudio de Lang, et al [5] con tratamiento tradicional.



## **HIPÓTESIS**

En base al marco teórico en el que estamos situados, la hipótesis planteada es que, con la RV los pacientes podrán alcanzar un mayor volumen de repeticiones por unidad de tiempo en ejercicios para Miembro Superior (MMSS) a los ya registrados en pacientes bajo tratamiento tradicional.



## OBJETIVOS

Por lo tanto, nos hemos planteado 2 objetivos a cumplir en este estudio.

1. Registrar/contabilizar la cantidad de repeticiones por unidad de tiempo u objetivar la intensidad de terapia utilizando un software de RV.
2. Comparar nuestros resultados con estudios similares con pacientes sometidos a tratamiento tradicional.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), bajo el código: TFG.GFI.SHJV.LJGA.231117. Es un estudio observacional en el que no habrá un seguimiento, por lo que es transversal y de carácter retrospectivo. Solo hay un grupo de sujetos a los que se le observó. Este grupo dentro de sus sesiones de rehabilitación recibió tratamiento con RV y se almacenaron los datos. Para este estudio no fue necesario el consentimiento informado de los participantes, debido a que es retrospectivo sobre intervenciones ya realizadas por un centro según sus prácticas clínicas habituales. Como objeto de este estudio se recibió una base de datos anonimizada enviada por el centro para su análisis estadístico.

Se han observado un total de 31 sesiones. Las intervenciones se han realizado en el centro de neurorrehabilitación Neural Intensive de Alicante durante un periodo de 5 meses. Éste es un centro especializado en pacientes neurológicos, con régimen ambulatorio.

Como se comentó, los datos se han obtenido según se ejecutaban las intervenciones en la práctica diaria del centro, el criterio de aplicación de la RV se basa en el juicio clínico del terapeuta. No obstante, y siguiendo el objetivo del estudio, se han analizado los datos de pacientes que cumplían los siguientes criterios de inclusión:

- Diagnóstico de ictus, isquémico o hemorrágico, en cualquier fase de evolución
- Afectación motora del miembro superior, compatible con el uso del software (Evaluación de Fugl Meyer de extremidad superior <66/66)
- Propios de las indicaciones generales de RV, extraídas del manual de uso del software [23] y previamente cribadas por el terapeuta:
  - Mayores de 12 años
  - Indicación para aumentar la actividad o el rendimiento físico y/o cognitivo
  - Estabilidad médica para iniciar rehabilitación o ejercicio: parámetros hemodinámicos normales

Asimismo, los criterios de exclusión han sido:

- Diagnóstico distinto a Ictus

- Afectación motora severa, incompatible con el uso del software (precisa mínimo movimiento voluntario de hombro y dedos)
- Propios de las contraindicaciones generales de RV, extraídas del manual de uso del software [23] y previamente cribadas por el terapeuta:
  - Delirio diagnosticado por la escala del Método de Evaluación de la Confusión (CAM) y/o alteración de la conducta que impida al paciente seguir instrucciones sencillas
  - Déficit cognitivo significativo: puntuación <19/30 puntos en la Evaluación Cognitiva de Montreal [24]
  - Alteración visual grave (Heminegligencia, hemianopsia, agudeza visual no corregida) que impida el entrenamiento mediante el uso de gafas de RV
  - Control insuficiente de la cabeza para mantenerla erguida con las gafas de RV
  - Cualquier alteración musculoesquelética que no permita realizar el tratamiento mediante RV inmersiva
  - Antecedentes de epilepsia fotosensible

Los datos se obtuvieron de las intervenciones con el uso de RV que los pacientes tenían pautadas en sus programas terapéuticos, varias sesiones de RV son obtenidas del mismo paciente. Algunos datos demográficos fueron facilitados de forma anónima por la entidad colaboradora: había pacientes desde 42 a 65 años. Los pacientes tenían nacionalidad española y raza blanca/caucásica. Los participantes provienen derivados del sistema público de salud o bien de manera privada.

El terapeuta encargado de aplicar las intervenciones es graduado en fisioterapia y máster en neurorrehabilitación con 5 años de experiencia. Además, se ha formado en diversos ámbitos de la rehabilitación en personas con ictus y la aplicación de nuevas tecnologías, entre ellas la RV. Este terapeuta se encargó de facilitar los datos recogidos por el software. Asimismo, ha sido formado en el uso de este software de RV, además de 1 año de experiencia aproximadamente en su uso en la práctica clínica habitual.

Los datos se obtuvieron a través del software de Kinesix-VR, una empresa de neurotecnología con sede en Montreal, Canadá, dedicada al desarrollo de terapias digitales inmersivas, basada en evidencia clínica y diseñada por expertos en neurorrehabilitación. El software obtuvo en 2023 la certificación europea (CE) como producto sanitario, lo que permite su comercialización en Europa, así como la certificación *Health Canada (HC)*, que permite la comercialización en Canadá.

El sistema está formado por un hardware (Figura 1): (1) gafas de realidad virtual *Oculus Quest 2*, (2) tablet Samsung Galaxy Tab A9 y (3) router inalámbrico para la conexión a internet; y un software: (1)

programa KX-VR software, (2) KX aplicación móvil (donde se personaliza la intervención) y (3) KX plataforma (donde se recogen los datos de cada sesión).

El software utiliza un sistema de *hand tracking* (Figura 2) para la ejecución de tareas que involucren al MMSS. El *hand tracking* es una función de los dispositivos *Oculus Quest* que permite usar las manos en lugar de los controladores clásicos. El *hand tracking* consiste en la detección de posición y orientación de las manos del paciente a través de las cámaras monocromáticas instaladas en las gafas. Detectadas las manos, algoritmos de visión artificial consiguen realizar el seguimiento del movimiento y la orientación de estas. Esta opción, por tanto, permite interactuar con el mundo virtual utilizando movimientos naturales de tus manos, por lo que resulta interesante en neurorrehabilitación.

El software contiene gran variedad de ejercicios (> 300), los cuales se clasifican según nivel de dificultad y propósito. Se han contabilizado únicamente los ejercicios en los que se realizan tareas del MMSS afecto, excluyendo ejercicios de evaluación o los que no estén diseñados para realizar repeticiones de tareas (p.ej: terapia en espejo). El software permite 2 patrones de movimiento del miembro superior, de “alcance” y “agarre”. Alcance hace referencia a movimientos donde se arrastran objetos por una superficie plana, empujando o traccionando, sin separarse de la superficie. Agarre son movimientos en los que el paciente manipula un objeto y lo desplaza a otro punto, pudiendo separarlo de la superficie sobre la que está. Asimismo, los niveles de dificultad son “básico”, “intermedio” o “avanzado”.

La clasificación de los ejercicios se divide en: (1) práctica: ejercicios para familiarizarse con el software y el sistema de *hand tracking*. Tareas con objetos geométricos como cubos o pelotas con los que se practican los movimientos de alcance y agarre; (2) tareas: el objetivo es aumentar la cantidad de repeticiones con estos objetos geométricos; (3) actividad: interactuar con objetos de la vida real, empleados en tareas cotidianas, como por ejemplo botellas o cubiertos y facilitar la ejecución de un gran número de repeticiones; y, finalmente, (4) participación: los ejercicios más realistas se realizan en entornos cotidianos como la encimera o la nevera.

El software únicamente contabiliza las repeticiones cuando son realizadas de forma exitosa. Cuando consigue mover/transportar un objeto (Figura 3), con las variables pertinentes, desde un punto “A” a un punto “B” (los puntos negros en la superficie). Cuando se realiza una tarea correctamente el sistema emite un sonido de recompensa (*feedback*). El software contabiliza “Monedas”, los sujetos ganan 10 monedas por cada repetición completada.

La totalidad de pacientes observados realizaba un programa de rehabilitación planificando previamente según las características y objetivo a cumplir por cada uno de ellos. No se ha estimado un

tamaño de muestra ya que se contará con todos los sujetos que han recibido tratamiento en dicha clínica y cumplan con los criterios de inclusión durante el tiempo de ejecución del estudio.

Las sesiones donde se aplicaba la RV tenían una duración de 45 minutos, dentro de las cuales, el terapeuta empleaba distintas intervenciones, incluyendo entrenamiento de fuerza o terapia por restricción del lado sano (*CIMT* por sus siglas en inglés). Habitualmente las sesiones de RV se aplicaban al final de la sesión y con tiempo limitado.

Debido a la naturaleza de los datos, las variables cuantitativas se han resumido mediante medias y desviaciones típicas, mientras que para las cualitativas se han utilizado recuentos y porcentajes. No se ha realizado ninguna prueba inferencial, aunque se ha ajustado un modelo lineal de regresión simple para analizar la asociación entre el número de sesiones y el aprendizaje, considerado como el número de repeticiones por minuto. Para el análisis estadístico se utilizará el software R



## RESULTADOS

Después de las 31 sesiones, de los 4 participantes, se observó que, de los 45 minutos de cada sesión, el tiempo medio de aplicación de la RV fue de  $9,68 \pm 5,22$  minutos (IC 95%=7,77-11,60), se tomará ese parámetro como el estándar para referirnos al Tiempo de Aplicación (TA) de RV en cada sesión. El tiempo lo registró el software automáticamente desde que empieza un ejercicio hasta que culmina. El TA es relevante conocerlo ya que permitirá futuras comparaciones. En la Figura 4 se puede apreciar cómo se distribuyó el TA de la RV a lo largo de las sesiones.

Los datos descriptivos de la unidad muestral, en este caso, las repeticiones, se muestran en la Tabla 1. Esta tabla incluye las variables: sesión, TA, monedas, repeticiones y aprendizaje. De cada variable se recoge la media  $\pm$  la desviación típica (SD), el Intervalo de Confianza al 95% para la media (IC 95%) y el número de sesiones (n=31). La Tabla 2 recoge la información de los 4 pacientes. Estos sujetos tuvieron un tiempo de evolución de entre 4 y 12 meses y, una edad comprendida entre los 42 y 65 años.

Los participantes realizaron un promedio de  $7,75 \pm 3,50$  (IC 95%) sesiones en total, uno de ellos realizó 13 sesiones registrándose ese dato como el máximo de sesiones realizadas por un participante, el resto, realizaron 6 sesiones cada uno. Esa información se aprecia en la Figura 4 y la Tabla 2. De media, los sujetos realizaron  $61,55 \pm 34,45$  repeticiones (IC 95%= 48,91-74,19) (Tabla 1 y Figura 5) durante el TA. Las monedas (Figura 6) son equivalentes a las repeticiones, con la diferencia de que se representan con un orden de magnitud mayor. Avanzar en las sesiones significó que los sujetos realizaran un promedio de  $7,93 \pm 6,80$  (IC 95%= 5,44 - 10,42) repeticiones por minuto (aprendizaje), esa función se puede visualizar mejor en las Figuras 7, Figura 8, Tabla 3A y tabla 3B.

Para concluir, hemos denominado con el término “Aprendizaje”, a la posibilidad de que a medida que los pacientes iban avanzando en sus sesiones con RV aumenta en la relación de repeticiones/minutos conseguidos gracias al uso continuado de la tecnología. Se aprecia en la Figura 8, que está compuesta por la Figura 8. A y 8. B. En estas gráficas, el eje horizontal equivale a las sesiones y en el vertical están las repeticiones/minuto que se realizaron en cada sesión. La línea azul representa ese aprendizaje, la cual va definida por las pendientes (Tabla 3A y Tabla 3B). Al hacer el análisis estadístico y generar el primer gráfico (8. A), se aprecia una línea prácticamente plana, (pendiente=0,0311) y muy alejada de ser significativa (p= 0,936). Sin embargo, en esa gráfica saltan a la vista 2 valores llamativamente altos, ya que en esas sesiones se generaron un poco más de 35 y 25 repeticiones/minutos. Por lo que se decidió generar otro análisis y otra gráfica (Tabla 3B y Figura 8.B) sin tomar en cuenta esos valores estadísticamente anómalos. Al generar este nuevo análisis se obtuvo una pendiente que tiende a positivo y más pronunciada que la anterior (pendiente= 0,2071) y que, aunque va en aumento sigue sin ser estadísticamente significativa (p= 0,209).

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran el número de repeticiones observadas/contabilizadas durante el TA de la RV en las 31 sesiones de fisioterapia para pacientes con hemiparesia post-ictus. Desde el punto de vista clínico, en un corto TA durante una sesión se puede conseguir un volumen considerable de repeticiones. Altas si se compara con los datos registrados en humanos [5]. Aunque, considerablemente por debajo del volumen de repeticiones registrados en animales [4,5].

Cumpliendo con uno de los objetivos planteados en este estudio comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Lang, et al. [5]. Ellos distinguen las repeticiones entre MMSS y Miembro Inferior (MMII), nosotros no tendremos en cuenta estas últimas para las comparaciones, ya que no nos enfocamos en las repeticiones en MMSS. Realizaron 36 sesiones de tratamiento tradicional en pacientes con rehabilitación neurológica. También distinguieron tres tipos de ejercicio dentro de cada sesión: ejercicios pasivos, activos y enfocados a la tarea. Como nuestro estudio se basa en la cantidad de repeticiones totales, la comparación se hará con la suma del número medio de repeticiones realizadas con cada ejercicio, 33,9, 38,8 y 12, respectivamente, lo que hace un total de 84,7 repeticiones por sesión.

Nosotros contabilizamos una media de  $61,55 \pm 34,45$  (IC 95%= 48,91-74,19) repeticiones por sesión. Es importante destacar que ellos dedicaron una media de  $36 \pm 14$  minutos/sesión para realizar esas 84,7 repeticiones, mientras que con la RV nuestro TA fue de  $9,68 \pm 5,22$  minutos. Es decir, necesitaron 3,72 veces más tiempo que nosotros. Con la RV se pueden llegar a generar 7,93 repeticiones/minuto, mientras que con el tratamiento convencional se generan 2,35 repeticiones/minuto. Con la RV se generan de media más del triple de repeticiones por minuto.

Cabe destacar esa diferencia de los TA entre ambos estudios. Recae en el razonamiento aplicado detrás del uso de la RV. Como se puede ver en la Figura 4, sólo 6 sesiones excedieron los 15 minutos de aplicación de la RV. Se propone la utilización de tecnologías de RV como complemento, para aumentar el volumen de repeticiones de movimientos o gestos específicos que el/la terapeuta considere relevantes para la rehabilitación del paciente. De media, la aplicación de RV ocupó el 21,51% de una sesión de 45 minutos (especificada en material y métodos). Otro punto interesante con respecto al TA de RV es la eficiencia del tiempo disponible. Como se mencionó en la introducción, una limitación en la práctica clínica es el tiempo efectivo que un paciente hace en una sesión [18,19]. Aunque las sesiones estén programadas con un tiempo determinado, el tiempo real que el paciente pasa realizando los ejercicios programados o beneficiándose de técnicas, es considerablemente inferior, reduciendo la dosis terapéutica. Sea por, baja actividad del paciente, mala gestión por parte del terapeuta o el tiempo que se invierte en posicionar reposicionar material en cada fase de la programación terapéutica.

Con respecto al concepto de aprendizaje y los dos análisis. En el primero, con los dos valores estadísticamente marginales, ese comportamiento fuera de la normalidad estadística podría ser debido a que la dificultad del ejercicio planteado no se correspondió con las capacidades del paciente en ese momento, ya que el resto de las 29 sesiones se obtuvieron resultados más homogéneos. Precisamente, un reto en la utilización de esta tecnología es adecuar la dificultad, para que suponga un reto (alcanzable), favoreciendo los principios de la neuroplasticidad [7,8,9,12]. En este punto juega un papel primordial el conocimiento y manejo del terapeuta con la tecnología para tratar de maximizar las ganancias. Al no tomar en cuenta esos valores, en la gráfica 8.B se percibe una recta con una pendiente más pronunciada hacia arriba (pendiente= 0,2071) y aunque no es estadísticamente significativa ( $p=0,209$ ), está mucho más cerca de serlo. Cuando menos, es un dato clínicamente interesante, el cual podría indicar que, tal vez, con una mayor muestra y/o un seguimiento sostenido en el tiempo, se pudiese apreciar un aprendizaje significativo. La posibilidad de que a medida que un paciente sume práctica con este software, será capaz de conseguir una mayor cantidad de volumen de repeticiones, está abierta. Conseguir más repeticiones será relevante para su recuperación siempre y cuando el terapeuta sea capaz de lograr que estos ejercicios sean desafiantes y atractivos para el usuario.

### **Limitaciones**

La principal limitación de este estudio es el tamaño de la muestra, tanto la cantidad de pacientes como las sesiones que se observaron. Siendo 4 pacientes y 31 sesiones una cantidad escasa como para obtener conclusiones determinantes, fiables o poder generalizar en ciertos aspectos clínicos y estadísticos, aunque, en número de sesiones, la muestra se aproxima razonablemente al estudio en comparación. No fue posible que nos proporcionasen los datos del resto de centros en España que colaboran con la empresa proveedora del software.

Otra limitación fue que se empleó una metodología observacional no participativa. Además de no tomar en cuenta ni haber recopilado información más específica sobre el tipo de ictus, severidad, extensión y demás datos de la historia clínica de cada participante. Tuvimos que basarnos en la información proporcionada por el centro sobre los pacientes. Por ende, los resultados obtenidos y nuestros datos son de una población puntual y poco específica de personas con hemiparesia a consecuencia de un ictus y la cantidad de actividad que estos realizaron en un lapso limitado de tiempo durante su rehabilitación neurológica, y en un único entorno ambulatorio.

Por último, se debe mencionar que este es un estudio perteneciente a un Trabajo Fin de Grado de un estudiante con poca formación clínica y menor experiencia en el aspecto de investigación. Aunque, fue tutorado por dos profesionales con amplia experiencia, cada tutor en uno de los campos mencionados.

## CONCLUSIONES

Al registrar, contabilizar y analizar los datos obtenidos en este estudio, los resultados sugieren que la aplicación de RV puede ser una intervención efectiva para alcanzar un número elevado de repeticiones de tareas de MMSS en personas con hemiparesia tras un ictus. Además, esta cantidad de repeticiones podría ser considerablemente superior a la mostrada en terapia tradicional (7,93 repeticiones/minuto frente a 2,35 repeticiones/minuto), indicando el beneficio de incluir la RV como una técnica complementaria dentro de la programación terapéutica de esta población.

No obstante, se necesitan estudios futuros para determinar (1) si los datos recogidos aquí pueden generalizarse a otros entornos clínicos y (2) si, además de estos hallazgos generales, existen diferencias clínicamente relevantes en la cantidad de práctica entre diversas subpoblaciones de personas con hemiparesia y en diversos entornos clínicos.



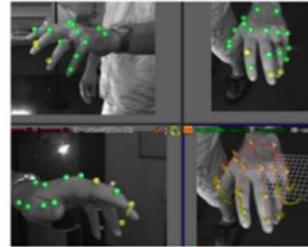
## ANEXOS

Figura 1. Hardware



- (1) Gafas de realidad virtual Oculus Quest 2
- (2) Tablet Samsung Galaxy Tab A9
- (3) router inalámbrico para la conexión a internet

Figura 2. Hand Tracking



El hand tracking es una función de los dispositivos Oculus Quest que permite usar las manos en lugar de los controladores clásicos

Figura 3. Ejemplo funcionamiento ejercicios

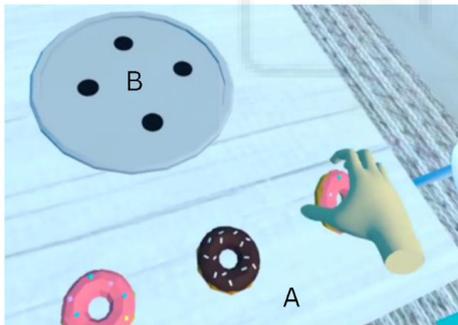


Imagen sobre un ejemplo de ejercicio en el software, enfocado a la tarea:

- A: Punto desde el que hay que llevar los objetos
- B: Punto a los que hay que llevar los objetos para generar monedas

Figura 4. Tiempo de Aplicación de la RV por sesión

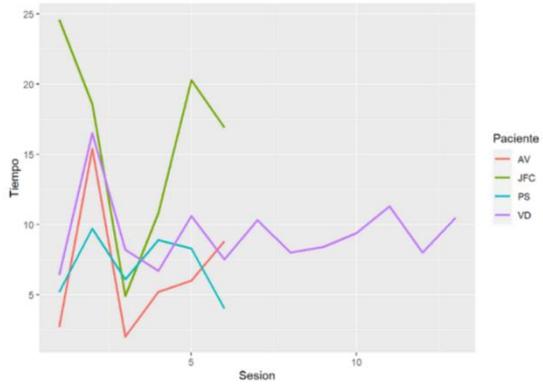


Figura 5. Repeticiones por sesión

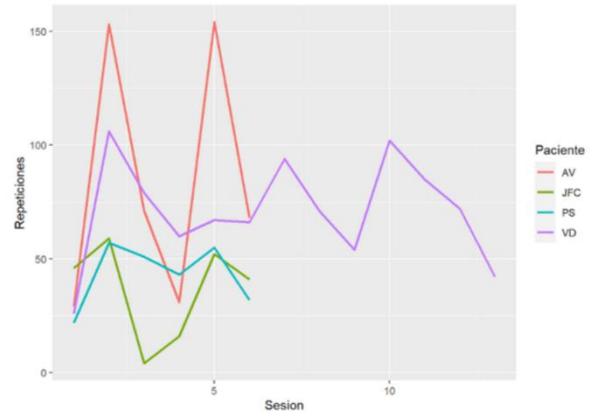


Figura 6. Monedas por sesión

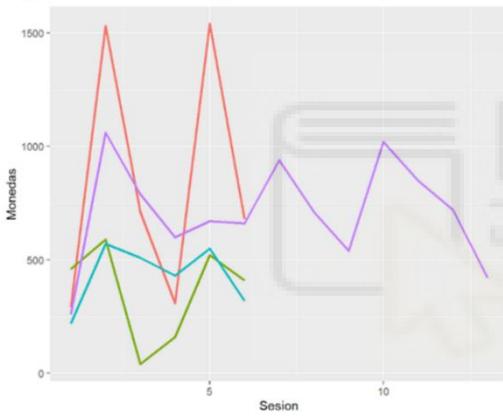


Figura 7. Aprendizaje a lo largo de las sesiones

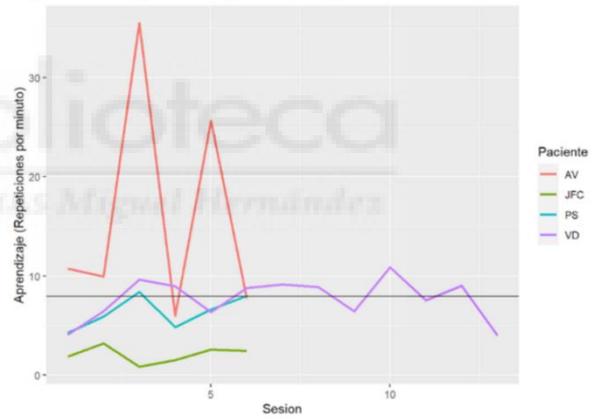
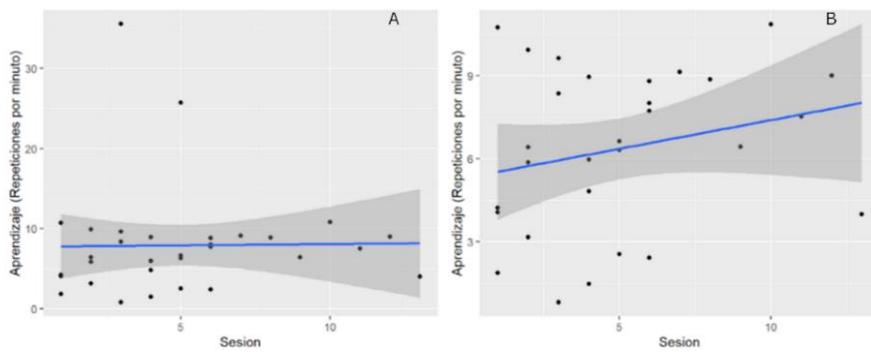


Figura 8. Comparación del aprendizaje



**Tabla 1.***Datos Descriptivos*

<b>Variab</b> les	<b>N</b>	<b>Media ± SD</b>	<b>IC 95%</b>
Sesiones	31	7,75 ± 3,50	
Tiempo	31	9,68 ± 5,22	7,77 - 11,60
Monedas	31	615,48 ± 344,54	489,11 - 741,86
Repeticiones	31	61,55 ± 34,45	48,91 - 74,19
Aprendizaje	31	7,93 ± 6,80	5,44 - 10,42

SD: Desviación típica

IC 95%: Intervalo de Confianza al 95%

**Tabla 2.***Datos Participantes*

<b>Variab</b> les	<b>Media ± SD</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Edad	55,75 ± 10,28	42	65
Tiempo evolución	7,25 ± 3,59	4	12
Sesión	7,75 ± 3,50	6	13

SD: Desviación típica

**Tabla 3A.***Aprendizaje*

<b>Variable</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Valor T</b>	<b>Valor P</b>
Intercepto	7,774	2,268	3,428	0,002
Aprendizaje	0,031	0,382	0,081	0,936

**Tabla 3B.***Aprendizaje Corregido (AC)*

<b>Variable</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Valor T</b>	<b>Valor P</b>
Intercepto	5,324	0,971	5,481	<0,001
AC	0,207	0,161	1,288	0,209

## REFERENCIAS

1. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009;8(8):741-754.
2. Levin MF, Demers M. Motor learning in neurological rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 2020. doi: 10.1080/09638288.2020.1752317.
3. Wade DT, Hower RL. Functional abilities after stroke: measurement, natural history and prognosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1987;50:177-182.
4. Friel KM, Heddings AA, Nudo RJ. Effects of postlesion experience on behavioral recovery and neurophysiologic reorganization after cortical injury in primates. *Neurorehabil Neural Repair.* 2000;14:187-198.
5. Lang CE, MacDonald JR, Gnip C. Counting repetitions: an observational study of outpatient therapy for people with hemiparesis post-stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2007 Mar;31(1):3-10. doi: 10.1097/01.npt.0000260568.31746.34. PMID: 17419883.
6. Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, Milliken GW. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science.* 1996;272:1791-1794.
7. Lohse KR, Lang CE, Boyd LA. Is more better? Using metadata to explore dose-response relationships in stroke rehabilitation. *Stroke.* 2014 Jul;45(7):2053-2058. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.004695. PMID: 24867924; PMCID: PMC4071164.
8. Winstein CJ, Kay DB. Translating the science into practice: shaping rehabilitation practice to enhance recovery after brain damage. *Prog Brain Res.* 2015;218:331-360.

9. Lee TD, Wishart LR. Motor learning conundrums (and possible solutions). *Quest*. 2005;57(1):67-78.
10. Plautz EJ, Milliken GW, Nudo RJ. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning. *Neurobiol Learn Mem*. 2000;74(1):27-55.
11. MacLean N, Pound P, Wolfe C, Rudd A. Qualitative analysis of stroke patients' motivation for rehabilitation. *BMJ*. 2000;321(7268):1051-1054.
12. Nudo RJ, Milliken GW. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *J Neurophysiol*. 1996;75(5):2144-2149.
13. Penna LG, Pinheiro JP, Ramalho SHR, Ribeiro CF. Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: systematic review. *Arq Neuropsiquiatr*. 2021 Sep;79(9):832-843. doi: 10.1590/0004-282X-ANP-2020-0551. PMID: 34669820.
14. Weiss PL, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation. In: Selzer M, Clarke S, Cohen L, Duncan P, Gage FH, editors. *Textbook of neural repair and rehabilitation*. New York: Cambridge University Press; 2006. p. 182-197.
15. Fluet GG, Deutsch JE. Virtual Reality for Sensorimotor Rehabilitation Post-Stroke: The Promise and Current State of the Field. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2013;1(1):9-20.
16. Eng K, Siekierka E, Pyk P, Chevrier E, Hauser Y, Cameirao M, Holper L, Hagni K, Zimmerli L, Duff A, et al. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Med Biol Eng Comput*. 2007;45(9):901-907.

17. Lohse KR, Hilderman CG, Cheung KL, Tatla S, Van der Loos HF. Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS One*. 2014;9(3)
18. Veerbeek JM, Koolstra M, Ket JC, van Wegen EE, Kwakkel G. Effects of augmented exercise therapy on outcome of gait and gait-related activities in the first 6 months after stroke: a meta-analysis. *Stroke*. 2011;42(11):3311-3315.
19. Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, Wood Dauphinee S, Richards C, Ashburn A, Miller K, Lincoln N, Partridge C, Wellwood I, et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. *Stroke*. 2004;35(11):2529-2539.
20. Kaur G, English C, Hillier S. How physically active are people with stroke in physiotherapy sessions aimed at improving motor function? A systematic review. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:820673.
21. Kaur G, English C, Hillier S. Physiotherapists systematically overestimate the amount of time stroke survivors spend engaged in active therapy.
22. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, Aßmuss J, Becker F, Pallesen H, Thijs L, Verheyden G. 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 11;16(1):219. doi: 10.1186/s12883-016-0740-y. PMID: 27835977; PMCID: PMC5106796.
23. Neuro Group XR Inc. Instrucciones de uso. Neuro Group XR Inc; 2023. Available from: <https://www.kinesixvr.com/>
24. Jaywant A, Toglia J, Gunning FM, O'Dell MW. Subgroups Defined by the Montreal Cognitive Assessment Differ in Functional Gain During Acute Inpatient Stroke Rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(2):220-226. doi: 10.1016/j.apmr.2019.08.474.