



## TESIS DOCTORAL

*Valoración de la efectividad del sistema Leap Motion Controller®  
sobre la funcionalidad del miembro superior en el ictus*

Autora:

*Ángela Aguilera Rubio*

Directoras:

*Dra. Isabel M<sup>a</sup> Alguacil Diego*

*Dra. Alicia Cuesta Gómez*

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Escuela Internacional de Doctorado

2022



*Pon tu corazón, mente, intelecto y alma  
incluso en tus actos más pequeños.*

*Ese es el secreto del éxito.*

*(Swami Sivananda)*



*A mi familia, mi pilar*



## AGRADECIMIENTOS

Hace unos años, este momento parecía muy lejano, pero ha llegado. Recuerdo un fragmento del poema Camino a Ítaca de Constantino Cavafis: *Cuando emprendas tu viaje a Ítaca pide que el camino sea largo, lleno de aventuras, lleno de experiencias...* El día que decidí iniciar este viaje no sabía que el premio no era solo llegar hasta aquí, no me imaginaba la cantidad de experiencias que iba a vivir, y solo siento gratitud por todas y cada una de las personas que me han acompañado.

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis directoras. A la Prof. Dra. Isabel M<sup>a</sup> Alguacil Diego, gracias por toda tu ayuda, tu conocimiento y por las oportunidades. A la Prof. Dra. Alicia Cuesta Gómez, gracias por tenderme tu mano desde el principio, por tu generosidad y por tener siempre una palabra de ánimo en los momentos más duros. A las dos gracias por estar siempre cerca, sin importar el día ni la hora, por facilitarme el camino, y sentir siempre vuestro respaldo y confianza. Ha sido un auténtico regalo poder aprender con vosotras.

Quiero agradecer el trabajo del Laboratorio de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid, por desarrollar esta tecnología y permitirme trasladarla a la práctica clínica.

Al equipo de NeuroAvanza, compañeros, pacientes y familiares. Habéis vivido todo este proceso desde el principio, y quiero daros las gracias por vuestras palabras de ánimo, por toda vuestra ayuda, y por confiar en mí desde el primer momento.

Quiero agradecer en mayúsculas a todos los pacientes que han formado parte de este proyecto, y a sus familias, por su tiempo, su paciencia y sus ganas de colaborar. Sin ellos todo esto no hubiera sido posible.

Mi mayor agradecimiento es para a mi familia. A mis padres por haber formado una familia donde el respeto y el amor son pilares fundamentales. Por haber invertido en nuestra educación, sabiendo que era el mejor regalo que nos podían hacer. A mi padre por inculcarme el esfuerzo como valor esencial, y por estar siempre el primero. A mi madre que, aunque ya no esté cerca, sigue siendo el faro para todos guiándonos cada día. A Andrés, mi hermano, mi apoyo incondicional. Gracias por ayudarme a ver el lado positivo en todo, creciendo y compartiendo siempre juntos. A Isa quien, sin ella pretenderlo, se han convertido en parte importante de la familia, qué suerte tenemos de

tenerte cerca. Y a Lucía, pequeña gran revolución que con su sonrisa constante nos alegra los días.

La experiencia de formar parte de un equipo y disfrutar compartiendo es algo que he tenido desde niña. Marta gracias por estar siempre; Raquel, sé que tu mano abraza fuerte; Ana por abrir camino, y al resto gracias, no solo por compartir dentro del campo, sino por saber que estáis también fuera.

No quiero olvidarme de amigos y familiares que me han apoyado y animado con todo su cariño. Tere, gracias porque la amistad no entiende de kilómetros; a Irene por celebrar los logros ajenos como propios; Ana, gracias por estar cerca y formar equipo en todo este camino; Rober y Zule por todas las tardes de dudas y consultas.

A todos los que de alguna forma formaron parte de este viaje, gracias.





## RESUMEN

**Introducción.** El ictus es la primera causa de discapacidad adquirida en el adulto, y se considera una emergencia clínica por la carga sanitaria, personal, familiar y social que conlleva. Aproximadamente, la mitad de las personas que sufren un ictus padecen afectación crónica del miembro superior, lo que repercute directamente en su calidad de vida. El tratamiento rehabilitador, incluso en fase crónica, debería mantenerse mientras existan objetivos funcionales que alcanzar, pero la disminución en la motivación junto a los recursos asistenciales disponibles en fases crónicas, provocan la pérdida de adherencia a estos tratamientos. En este escenario, la realidad virtual parece introducir un nuevo enfoque, ya que a través de entornos virtuales el paciente puede simular entornos reales. La aparición de nuevos dispositivos de bajo coste y de fácil uso, hacen que la realidad virtual sea una terapia cada vez más frecuente. En este sentido, el sistema Leap Motion Controller® (LMC®), es un dispositivo de realidad virtual semi-inmersiva que podría ayudar en la mejora de la funcionalidad del miembro superior en pacientes con ictus crónico.

**Objetivo.** Valorar la efectividad del sistema LMC® en un protocolo de realidad virtual semi-inmersiva como complemento a un tratamiento de rehabilitación convencional, en la mejora de la funcionalidad del miembro superior a través de la fuerza de agarre, la destreza y la función motora, en personas con ictus crónico, en comparación con un grupo de tratamiento convencional. Además, se valoró la espasticidad, la calidad de vida, la satisfacción con la tecnología, y la adherencia al tratamiento.

**Métodos.** Se realizó un ensayo clínico aleatorizado simple, ciego y con seguimiento, con una muestra de 36 pacientes adultos con ictus crónico (más de 6 meses de evolución). Se llevó a cabo la aleatorización, distribuyéndolos en dos grupos, grupo control y grupo experimental. Ambos grupos recibieron dos sesiones semanales durante ocho semanas. El grupo control realizó sesiones de 60 minutos de terapia convencional, y el grupo experimental llevó a cabo durante 30 minutos un protocolo de realidad virtual con el sistema Leap Motion Controller® más 30 minutos de terapia convencional. Todos los pacientes fueron evaluados con las siguientes herramientas: un dinamómetro Jamar®, el *Block and Box Test* (BBT), el *Action Research Arm Test* (ARAT), el Cuestionario *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH), la Escala Modificada de Ashworth, y el Cuestionario de Salud SF-36. Asimismo, el grupo experimental realizó un

Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología, y se evaluó el grado de adherencia al tratamiento de ambos grupos.

**Resultados.** El análisis estadístico no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, excepto en el subapartado D (movimientos gruesos) del ARAT que presentó significación en la valoración pos-tratamiento ( $p=0,044$ ). Tras el análisis intra-grupo aparecieron diferencias significativas en diferentes variables en ambos grupos. El grupo experimental registró cambios estadísticamente significativos en: la fuerza de agarre, en las valoraciones pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p=0,021$ ), y entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p<0,001$ ); en el BBT entre el pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p=0,001$ ), y entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p<0,001$ ); en la valoración total del ARAT entre el pre-tratamiento y el pos-tratamiento ( $p=0,002$ ); en los subapartados A (agarre) y C (pinza) del ARAT, entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p=0,029$ ) ( $p=0,009$ ), respectivamente; en el cuestionario DASH, entre las valoraciones pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p=0,004$ ) y entre el pre-tratamiento y seguimiento ( $p=0,007$ ); y por último, en el ítem de dolor corporal del cuestionario SF-36 entre la valoración pos-tratamiento y seguimiento ( $p=0,040$ ). El grupo control obtuvo las siguientes diferencias significativas: en el BBT, entre la valoración pre-tratamiento y seguimiento ( $p=0,014$ ), y entre el pos-tratamiento y la valoración de seguimiento ( $p=0,005$ ); y en el cuestionario DASH en la valoración pre-tratamiento frente al seguimiento ( $p=0,035$ ). Se consiguió una puntuación de 29,83 sobre 36 en el Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología, y la adherencia al tratamiento registró niveles muy altos, siendo de un 97,93% en el grupo control, y de un 98,63% en el grupo experimental.

**Conclusión.** El sistema LMC<sup>®</sup>, como complemento a un tratamiento de terapia convencional, no produce mejorías en la funcionalidad del MS en personas con ictus crónico, en comparación con un grupo de tratamiento convencional, excepto en la valoración de los movimientos gruesos (ARAT D). En cambio, como herramienta complementaria sí produce mejoras en la fuerza de agarre, destreza, función motora, y calidad de vida, pero no en la espasticidad. Del mismo modo, el sistema LMC<sup>®</sup> se percibe como una herramienta segura, motivante y de fácil uso, además de alcanzarse un nivel muy elevado de adherencia.

**Palabras clave:** Ictus; Leap Motion Controller<sup>®</sup>; Miembro Superior; Neurorehabilitación; Realidad Virtual; Videojuegos.

## ÍNDICE

GLOSARIO .....	5
INDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. Bases conceptuales del ictus .....	13
1.1 Concepto de ictus .....	13
1.2 Epidemiología .....	14
1.3 Etiología .....	16
1.4 Etiopatogenia.....	19
1.5 Clasificación.....	20
1.6 Características clínicas .....	21
1.7 Diagnóstico.....	24
1.8 Tratamiento .....	25
1.9 Discapacidad en el ictus .....	31
2. Bases conceptuales de la función del miembro superior .....	33
2.1 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. Movimientos. ....	33
2.2 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. Importancia del tronco. ....	38
2.3 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. La mano.....	40
2.4 Valoración de la funcionalidad del miembro superior en el ictus.....	43
3. Bases conceptuales de las nuevas tecnologías .....	44
3.1 Concepto de las nuevas tecnologías (eSalud) .....	44
4. Bases conceptuales de la realidad virtual.....	45
4.1 Concepto de realidad virtual .....	45

4.2 Características de la realidad virtual .....	45
4.3 Tipos de realidad virtual.....	47
5. Realidad virtual y videojuegos ( <i>serious games</i> ) en programas de rehabilitación para el ictus .....	53
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	59
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	63
1. Hipótesis del estudio.....	65
2. Objetivo principal .....	65
3. Objetivos secundarios.....	66
PACIENTES Y MÉTODOS .....	67
1. Diseño del estudio .....	69
2. Procedimientos éticos .....	69
3. Selección y características de la muestra.....	70
3.1 Estimación del tamaño muestral .....	70
3.2 Elección de la muestra.....	70
3.3 Criterios de inclusión y exclusión de los pacientes.....	70
4. Aleatorización, procedimiento de actuación y recogida de datos .....	71
4.1 Fisioterapia convencional.....	72
4.2 Programa de realidad virtual como herramienta complementaria al programa de fisioterapia convencional.....	73
5. Herramientas de valoración .....	79
5.1 Fuerza de agarre .....	79
5.2 Block and Box Test (BBT).....	80
5.3 Action Research Arm Test (ARAT).....	81
5.4 Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) .....	82
5.5 Escala Modificada de Ashworth .....	83
5.6 Cuestionario de Salud SF-36 (SF-36) .....	84
5.7 Cuestionario de satisfacción con la tecnología .....	85

5.8 Adherencia al tratamiento .....	86
6. Variables del estudio .....	86
6.1 Variables independientes.....	86
6.2 Variables dependientes.....	86
7. Análisis estadístico .....	87
RESULTADOS .....	89
1. Características de la muestra .....	91
2. Análisis de las herramientas de valoración .....	92
2.1 Fuerza de agarre .....	92
2.2 Block and Box Test (BBT).....	95
2.3 Action Research Arm Test (ARAT).....	98
2.4 Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) .....	113
2.5 Escala Modificada de Ashworth .....	116
2.6 Cuestionario de Salud SF-36 (SF-36) .....	119
2.7 Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología .....	136
2.8 Adherencia al tratamiento .....	137
DISCUSIÓN.....	139
1. Discusión de los hallazgos más relevantes .....	141
2. Relevancia clínicas y líneas de investigación futuras.....	159
3. Limitaciones del estudio.....	160
CONCLUSIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA .....	165
ANEXOS .....	191
ANEXO 1. USE OF THE LEAP MOTION CONTROLLER® SYSTEM IN THE REHABILITATION OF THE UPPER LIMB IN STROKE. A SYSTEMATIC REVIEW .....	193
ANEXO 2. LISTA DE VERIFICACIÓN CONSORT.....	195
ANEXO 3. INFORME FAVORABLE DEL COMITÉ DE ÉTICA .....	197

ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO .....	199
ANEXO 5. ESCALA FUGL-MEYER .....	201
ANEXO 6. ACTION RESEARCH ARM TEST.....	205
ANEXO 7. CUESTIONARIO DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND.....	207
ANEXO 8. CUESTIONARIO DE SALUD SF-36 .....	209
ANEXO 9. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN CON LA TECNOLOGÍA ...	213
ANEXO 10. FEASIBILITY AND EFFICACY OF A VIRTUAL REALITY GAME- BASED UPPER EXTREMITY MOTOR FUNCTION REHABILITATION THERAPY IN PATIENTS WITH CHRONIC STROKE: A PILOT STUDY .....	215

## GLOSARIO

ACM	Arteria cerebral media
ACoA	Arteria comunicante anterior
ACV	Accidente cerebrovascular
AIT	Accidente isquémico transitorio
AMM	Asociación Médica Mundial
ARAT	<i>Action Research Arm Test</i>
AVD	Actividades de la vida diaria
BBT	<i>Block and Box Test</i>
CAVE	<i>Computer Automatic Virtual Environmet</i>
CIE-11	11ª Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud de la OMS
CIF	Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud
CONSORT	<i>Consolidated Standards Of Reporting Trials</i>
DASH	<i>Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand</i>
ECA	Ensayo clínico aleatorizado
ECG	Electrocardiograma
FMA	<i>Fugl-Meyer Assessment</i>
FNP	Facilitación Neuromuscular Propioceptiva
GC	Grupo control
GE	Grupo experimental
HIC	Hemorragia intracerebral
HSA	Hemorragia subaracnoidea
HTA	Hipertensión arterial
ICP	Infarto de la circulación posterior
IPCA	Infarto parcial de la circulación anterior
IREX®	<i>Interactive Rehabilitation Exercise</i>

ITCA	Infarto total de la circulación anterior
KDS	Kit de desarrollo de software
LCR	Líquido cefalorraquídeo
LMC <sup>®</sup>	Leap Motion Controller <sup>®</sup>
MS	Miembro superior
NIHSS	<i>National Institute of Health Stroke Score</i>
OMS	Organización Mundial de la Salud
RMN	Resonancia magnética nuclear
RV	Realidad virtual
SEN	Sociedad Española de Neurología
SF-36	Cuestionario de Salud SF-36
SNC	Sistema Nervioso Central
SSQOL	<i>Stroke-Specific Quality of Life Scale</i>
TC	Tomografía computarizada
tDCS	Estimulación transcraneal por corriente directa
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
URJC	Universidad Rey Juan Carlos

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de defunciones por ictus según sexo y tramos de edad (2017) .....	15
Tabla 2. Criterios para la transformación de las puntuaciones del Cuestionario de Salud SF-36 .....	85
Tabla 3. Características de la muestra .....	92
Tabla 4. Resultados inter-grupo de la fuerza de agarre .....	93
Tabla 5. Resultados intra-grupo de la fuerza de agarre .....	94
Tabla 6. Resultados inter-grupo del Block and Box Test.....	96
Tabla 7. Resultados intra-grupo del Block and Box Test.....	97
Tabla 8. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test Total .....	99
Tabla 9. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test Total .....	100
Tabla 10. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest A agarre)..	102
Tabla 11. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest A agarre)..	103
Tabla 12. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest B presión) .....	105
Tabla 13. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest B presión) .....	106
Tabla 14. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest C pinza) ...	108
Tabla 15. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest C pinza) ...	109
Tabla 16. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest D movimiento grueso) .....	111
Tabla 17. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest D movimiento grueso) .....	112
Tabla 18. Resultados inter-grupo del Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand .....	114

Tabla 19. Resultados intra-grupo del Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand .....	115
Tabla 20. Resultados inter-grupo de la Escala Modificada de Ashworth .....	117
Tabla 21. Resultados intra-grupo de la Escala Modificada de Ashworth .....	118
Tabla 22. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física) .	120
Tabla 23. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física) .	121
Tabla 24. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico) .....	122
Tabla 25. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico) .....	123
Tabla 26. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal) .	124
Tabla 27. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal) .	125
Tabla 28. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General) ..	126
Tabla 29. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General) ..	127
Tabla 30. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad) .....	128
Tabla 31. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad) .....	129
Tabla 32. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social) .	130
Tabla 33. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social) .	131
Tabla 34. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional) .	132
Tabla 35. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional) .	133
Tabla 36. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental) ...	134
Tabla 37. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental) ...	135
Tabla 38. Resultados del Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología del grupo experimental .....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de altas hospitalarias entre 2005 y 2017. Fuente: Sociedad Española de Neurología .....	15
Figura 2. Gafas Oculus Rift® y Samsung Gear VR® Fuente: <a href="https://es.differbetween.com/article/difference_between_oculus_rift_and_samsung_gear_vr">https://es.differbetween.com/article/difference_between_oculus_rift_and_samsung_gear_vr</a> .....	47
Figura 3. PlayStation VR® y sus accesorios. Fuente: <a href="https://www.playstation.com/es-es/ps-vr/accessories/">https://www.playstation.com/es-es/ps-vr/accessories/</a> .....	48
Figura 4. Nintendo Wii® y el accesorio Wii Balance Board™ .....	49
Figura 5. Xbox® One y el accesorio Kinect® 2.0 .....	50
Figura 6. Dispositivo Leap Motion Controller®. Fuente: Ultraleap (150) .....	52
Figura 7. Nintendo Switch® y los controladores Joy-Con®.....	52
Figura 8. Sala de tratamiento del centro NeuroAvanza (Madrid) .....	71
Figura 9. Esquema del protocolo de tratamiento del grupo control .....	73
Figura 10. Paciente del grupo control realizando tareas funcionales del protocolo de fisioterapia convencional.....	73
Figura 11. Esquema del protocolo de tratamiento del grupo experimental.....	74
Figura 12. Leap Motion Controller® y ordenador portátil empleados durante el periodo de realidad virtual .....	74
Figura 13. Juegos del protocolo de realidad virtual.....	76
Figura 14. Protocolo experimental de realidad virtual .....	78
Figura 15. Pacientes del grupo experimental realizando el protocolo de realidad virtual .....	79
Figura 16. Dinamómetro hidráulico Jamar®.....	80
Figura 17. Block and Box Test.....	81

Figura 18. Action Research Arm Test .....	81
Figura 19. Resumen de las características del estudio y resultados obtenidos.....	142

# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

### 1. Bases conceptuales del ictus

#### 1.1 Concepto de ictus

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el ictus o accidente cerebrovascular (ACV) como una enfermedad del sistema nervioso, que se caracteriza por el desarrollo rápido de signos de afectación neurológica focal que duran más de 24 horas o llevan a la muerte (1).

Recientemente, la OMS ha dejado de clasificar al ictus como patología presumiblemente de origen vascular y, por tanto, del sistema circulatorio. Esta modificación ha sido incluida en la 11ª Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE-11) de la OMS. De esta forma, se enmarca como afectación del sistema nervioso y se diferencia así de patologías cardiovasculares, lo que podía inducir a error en cuanto a la identificación de los síntomas, y a la interpretación de análisis estadísticos, traduciéndose en un mejor manejo de la enfermedad (2).

A pesar de los avances en la comprensión de la fisiopatología de la enfermedad, no se han realizado avances en la definición del término, que atiendan a criterios clínicos y puedan incorporarse a la práctica, a la investigación y a las evaluaciones de salud pública (3).

Quizás este nuevo enfoque se aproxima a lo que la *American Heart Association* y la *American Stroke Association* propusieron definiendo el ictus como infarto del Sistema Nervioso Central (SNC). El infarto del SNC es la muerte de las células del cerebro, la médula espinal o de las células de la retina atribuible a la isquemia, basada en: pruebas patológicas, de imagen u otras pruebas objetivas de lesión isquémica focal cerebral, de la médula espinal o de la retina en una distribución vascular definida; o pruebas clínicas de lesión isquémica focal cerebral, de la médula espinal o de la retina basadas en síntomas que persisten  $\geq 24$  horas o hasta la muerte, y se excluyen de otras etiologías. En esta definición también se incluyen los procesos hemorrágicos (3).

## *1.2 Epidemiología*

El ictus es una patología presente en todo el mundo, que afecta tanto a países subdesarrollados, en vías de desarrollo, como a países desarrollados. Aunque a nivel global las tasas de incidencia y mortalidad disminuyen ligeramente, el número total de personas que sufren un ictus es muy alto, principalmente debido a un incremento de la población y al envejecimiento progresivo de la misma (4).

A nivel mundial, se estima que el ictus es la tercera causa de mortalidad global después de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer, ocasionando 5 millones de muertes anuales. Además, es la patología que provoca más invalidez de carácter permanente (5).

En Estados Unidos se producen unos 795 mil ictus cada año. Estos datos pueden reflejarse en que una persona sufre un ictus cada 40 segundos y otra muere cada 4 minutos. A pesar de estas cifras, la incidencia y las tasas de mortalidad han disminuido en los últimos decenios (6).

En Europa, mientras que las tasas de incidencia también han decrecido durante los últimos años, en gran parte gracias a las medidas y campañas de prevención, el progresivo envejecimiento de la población y los niveles de hipertensión arterial (HTA) harán que entre los años 2015 y 2035 la tasa de nuevos casos se incremente un 34%, haciendo que cada vez haya más personas que vivan con alguna secuela provocada por un ictus (7).

Los datos vertidos en el último Informe Europeo sobre el Impacto del Ictus, estiman que en Europa la tasa media de letalidad será de un 45% entre 2015 y 2035, con ciertas diferencias entre los diferentes países de la Unión. Es relevante destacar que este documento cataloga la enfermedad como emergencia clínica (7).

En España, según los datos de la Sociedad Española de Neurología (SEN), la incidencia anual de ictus es de 187,4 casos por cada 100 mil habitantes, lo que supone un total de 71.780 nuevos casos. Asimismo, la prevalencia del ictus en nuestro país, en 2019, fue de 1,7%. (8).

El reflejo de estos datos demuestra que, a pesar del incremento de casos, la esperanza de vida tras sufrir un ictus es cada vez mayor, y se puede observar en el aumento progresivo de las altas hospitalarias entre los años 2005 y 2017, poniendo de manifiesto la carga que supone la enfermedad (Figura 1) (8).



Figura 1. Número de altas hospitalarias entre 2005 y 2017. Fuente: Sociedad Española de Neurología

En España, el ictus es considerado la segunda causa de muerte en hombres y la primera en mujeres, falleciendo alrededor de 27 mil personas cada año a causa de ello. Este dato se espera que aumente, según los últimos informes, un 39% entre 2015 y 2035, lo que supone algo menos que la media europea (8).

Con respecto a cifras de letalidad, existen diferencias significativas en los datos discriminados entre sexos y edades, con una mayor letalidad en mujeres de avanzada edad (Tabla 1).

Tabla 1. Número de defunciones por ictus según sexo y tramos de edad (2017)

Sexo/ Edad	<45	45-54	55-64	65-74	75-84	85 o más	TOTAL
Hombres	113	371	780	1690	3815	4786	<b>11555</b>
Mujeres	100	207	387	1004	4036	9648	<b>15382</b>
TOTAL	213	578	1167	2694	7851	14434	<b>26937</b>

Todos estos datos parecen indicar que en los próximos años se deberá demostrar la robustez de los servicios sanitarios para intentar no cumplir con las expectativas actuales.

### 1.3 Etiología

Existen numerosas investigaciones sobre los factores de riesgo de sufrir un ictus (9). La importancia de ahondar en estos factores reside en que su conocimiento, proporcionará las estrategias necesarias para prevenir y controlar, tanto a los sujetos que lo sufran por primera vez (prevención primaria) como a los que ya lo han sufrido (prevención secundaria) para evitar recidivas (10). Es importante incidir y abordar los factores de riesgo a través de planes específicos, ya que se estima que el 80% de los ictus son evitables (8).

Los factores de riesgo se pueden clasificar en no modificables y modificables. Dentro de estos últimos, podemos diferenciarlos entre los que están más documentados y sobre los que aún no hay suficiente información (9).

#### Factores de riesgo no modificables

- *Edad.* A mayor edad mayor riesgo de sufrir un ictus, considerándose que el riesgo se duplica por cada década sucesiva después de los 55 años (9). Por debajo de esta edad, se considera que los ictus se relacionan más con factores de riesgo vasculares y estrés psicosocial (11).
- *Sexo.* Se considera que existe una menor incidencia de ictus en mujeres, aunque a partir de los 75 años se iguala e incluso se incrementa respecto a los hombres. En general, las mujeres presentan un peor pronóstico funcional, sufriendo más limitaciones tanto físicas como psíquicas, repercutiendo en una mayor incapacidad (12).
- *Raza y etnia.* Es un factor difícil de examinar, pero algunos estudios indican que las personas de raza negra e hispanoamericanos tienen mayor incidencia de todos los tipos de ictus y tasas de mortalidad más altas en comparación con personas de raza blanca (13,14). Posiblemente, debido a que presentan mayores datos de prevalencia en HTA, obesidad y diabetes (15).
- *Factores genéticos.* Un metaanálisis de cohortes reflejó que existe un 30% más de riesgo de sufrir un ictus con una historia familiar positiva (16). Aun así, los factores genéticos se podrían denominar potencialmente modificables, ya que a pesar de que existan tratamientos para algunos factores genéticos, no hay una terapia genética específica (9).

## Factores de riesgo modificables

Los principales factores son:

### 1. Más documentados

- *HTA*. Presente en un 70% de pacientes con ictus, es el factor de riesgo más importante tanto para procesos cerebrales isquémicos como hemorrágicos (10). La relación entre tensión arterial y riesgo de ictus es fuerte, continua, graduada, constante, independiente, predictiva y etiológicamente significativa (17). El riesgo se duplica por cada 7,5mmHg de incremento en la presión diastólica. Por todo ello, el tratamiento de la HTA es una de las herramientas más efectivas para prevenir el ictus, incluso llegando a reducir su incidencia hasta en un 42% (10).
- *Diabetes Mellitus*. Existe una relación directa entre el riesgo de sufrir un ictus y el grado de intolerancia a la glucosa (10). El control glucémico reduce las complicaciones microvasculares, pero no hay evidencia suficiente que demuestre que dicho control reduzca el riesgo de ictus (9). Asimismo, es importante destacar que los pacientes diabéticos tienden a sufrir otras patologías como HTA, obesidad o hipercolesterolemia, que son, en sí mismos, factores de riesgo del ACV (10).
- *Dislipemia*. Los niveles altos de colesterol aumentan el riesgo de ictus isquémico (18). Un estudio de cohortes demostró que el riesgo de ictus isquémico aumentaba un 25% por cada 1mmol/L de aumento de los niveles totales de colesterol (19).
- *Fibrilación auricular*. Es un factor de riesgo importante, prevalente e independiente del ictus isquémico (9). El 50% de los ictus de origen cardioembólico presentan fibrilación auricular (10).
- *Estenosis carotídea asintomática*. Existe una relación directa entre la arterosclerosis carotídea y el riesgo de ictus. Al ser una patología asintomática no está prescrito hacer pruebas a la población general, únicamente a personas con soplos carotídeos, cardiopatía isquémica o arteriopatía periférica (10).
- *Terapia hormonal pos-menopausia*. Algunos autores declaran que la terapia hormonal sustitutiva durante la menopausia no incrementa el riesgo de ictus (20). Por el contrario, otros autores exponen que sí existe riesgo en algunas terapias de reemplazo hormonal (9).
- *Anticonceptivos orales*. Es un factor muy controvertido por la falta de consenso. Parece que los anticonceptivos orales aumentan el riesgo de sufrir un ictus, pero en mujeres con otros factores de riesgo como diabetes, HTA, y fumadoras (9,10).

- *Dieta y nutrición.* Se consideran los factores de riesgo con más capacidad de modificación. Hábitos alimenticios basados en frutas, vegetales o el uso limitado de sal, establecen una relación inversa con el riesgo de padecer un ictus (9,10).
- *Sedentarismo.* La inactividad física es un factor de riesgo para numerosas patologías, no solo el ictus (9). Gracias al ejercicio físico se produce un aumento de la sensibilidad a la insulina, una reducción de la agregación plaquetaria, la reducción del peso y la presión sanguínea, además de aumentar los niveles de HDL-colesterol. Según las guías de prevención, se recomienda realizar actividad física de intensidad moderada al menos 30 minutos al día (21). Se establece que existe un riesgo menor de entre 25%-30% de sufrir un ictus en personas activas (22).
- *Obesidad.* En muchos casos la obesidad coexiste con otros factores de riesgo como la HTA o dislipemia. En concreto, niveles de grasa abdominal se asocia estrechamente con el riesgo de ictus (10).
- *Tabaquismo.* Las personas fumadoras presentan el doble de riesgo de padecer un ictus. El riesgo se incrementa según el consumo de cigarrillos al día (10), e incluso los fumadores pasivos también lo padecen, ya que aumenta el riesgo de arterosclerosis (21,23).
- *Alcohol.* Es un factor estudiado en base a la dosis consumida. Algunos autores afirman que a dosis bajas-medias podría tener un efecto protector. En cambio, a dosis altas aumenta proporcionalmente el riesgo de ictus ya que se incrementa la HTA, aparecen alteraciones de la coagulación, arritmias cardíacas y disminución del flujo sanguíneo cerebral (24,25).
- *Drogas.* Sustancias como la cocaína, las anfetaminas y la heroína, están asociadas con un mayor riesgo de ictus, debido a que producen una elevación aguda y severa de la presión sanguínea, vasoespasmo cerebral, vasculitis, aumento de la viscosidad sanguínea y agregación plaquetaria (9,26).

## 2. Menos documentados

- *Migrañas.* El dolor de cabeza por migraña y el riesgo de sufrir un ictus, se ha asociado más en mujeres jóvenes, concretamente aquellas que sufren migraña con aura o migraña clásica (9,27).

- *Síndrome metabólico*. Componentes individuales del síndrome metabólico como la obesidad, HTA, diabetes o dislipemia, son en sí mismos factores de riesgo del ictus (28).
- *Problemas respiratorios durante el sueño*. La apnea del sueño se asocia con algunos factores de riesgo de sufrir algún tipo de evento cardiovascular, aunque no hay estudios prospectivos aleatorios que demuestren la efectividad de tratamientos de la apnea del sueño con el riesgo de sufrir un ictus (9).
- *Inflamación e infección*. Algunos procesos inflamatorios afectan a la iniciación, el crecimiento y la desestabilización de lesiones ateroscleróticas. Pero aplicar estos conocimientos en la valoración, evaluación y prevención del riesgo del ictus es controvertida (9).

#### **1.4 Etiopatogenia**

Principalmente existen cuatro mecanismos fisiopatológicos causantes del ictus, pudiendo diferenciarse entre los que producen ictus isquémicos o hemorrágicos (29):

- a) Procesos vasculares intrínsecos (aterosclerosis, lipohialinosis, inflamación, depósito de amiloide, disección arterial, malformaciones congénitas, dilatación aneurismática o trombosis venosa).
- b) Procesos originados distantes al cerebro (embolismo desde el corazón o desde vasos extracraneales).
- c) Procesos que originan una inadecuada perfusión cerebral (por disminución de la presión, de la perfusión tisular o aumento de la viscosidad de la sangre).

Estos tres primeros originan isquemia cerebral. Puede ser transitoria o accidente isquémico transitorio (AIT) o bien provocar un infarto cerebral permanente (ictus isquémico establecido).

- d) Ruptura de un vaso en el espacio subaracnoideo o en el tejido intracerebral.

Este último es el responsable de las hemorragias cerebrales primarias (hemorragia subaracnoidea y hemorragia intracerebral) (29).

## 1.5 Clasificación

La clasificación se puede hacer atendiendo a criterios de naturaleza, etiología y topografía del ictus. Aunque en términos generales se pueden diferenciar dos grandes grupos: isquémicos, debidos a la interrupción localizada del flujo sanguíneo (suponen alrededor del 85%) y hemorrágicos, tras la rotura de un vaso, generalmente una arteria, en el SNC (el 15% restante) (5).

Según la naturaleza del ictus, dentro de los episodios isquémicos podemos diferenciar dos:

- **AIT**: isquemia arterial focal con síntomas transitorios (que duran <24 horas) y sin evidencia de infarto por patología o imagen (3).
- **Infarto cerebral o ictus isquémico**: episodio de disfunción neurológica causado por un infarto focal cerebral, espinal o de células de la retina (3).

Los ictus hemorrágicos se diferencian en tres tipos según su naturaleza (5):

- **Hemorragia intracerebral (HIC)**: colección hemática dentro del parénquima encefálico por una rotura vascular. Su gravedad varía dependiendo del tamaño, tiempo de evolución y localización. A su vez puede ser parenquimatosa o ventricular.
- **Hemorragia subaracnoidea (HSA)**: de origen traumático o no (espontánea, debido a aneurismas).
- **Hematoma subdural y epidural**: generalmente son secundarios a un traumatismo craneal.

Si reparamos en términos de etiología, los ictus isquémicos se clasifican en (5):

- **Arteroesclerótico**: son la mayoría de los ictus isquémicos. Se pueden diferenciar arterosclerosis con estenosis, cuando esta es mayor o igual al 50% de oclusión de la arteria extracraneal o intracraneal de gran calibre, en ausencia de otra etiología. O arterosclerosis sin estenosis, cuando es inferior al 50% en ausencia de otra etiología, pero con al menos dos de los siguientes factores: mayor de 50 años, diabetes, HTA, hipercolesterolemia o tabaquismo.
- **Embolismo cardiogénico**: la causa principal es la fibrilación auricular paroxística o persistente. Supone alrededor del 20% de los ictus isquémicos.
- **Infarto lacunar**: se originan secundariamente a arteriopatía o lipohialinosis de un pequeño vaso (menor de 1,5cm de diámetro).

- **De causa inusual:** suele aparecer en pacientes con patologías sistémicas.
- **Criptogénico o indeterminado:** cuando se han descartado los otros cuatro tipos anteriores.

Los ictus hemorrágicos, según su etiología son (5):

- **HIC:** si la causa es la ruptura vascular debido HTA crónica o angiopatía se denomina primaria. Por el contrario, si se produce debido a patologías subyacentes (como por ejemplo tumores cerebrales o malformaciones vasculares) se conoce como secundaria.
- **HSA:** en un alto porcentaje se produce por la rotura de una aneurisma, distinguiéndose pues en aneurismática y no aneurismática.

Atendiendo a criterios de localización o topografía de la lesión distinguimos cuatro tipos (5):

- **Infarto total de la circulación anterior (ITCA):** sucede en la región superficial y profunda de la arteria cerebral media (ACM) y arteria comunicante anterior (ACoA).
- **Infarto parcial de la circulación anterior (IPCA):** afecta a la porción superior e inferior de la ACM.
- **Infarto lacunar:** se origina en ganglios basales y protuberancia.
- **Infarto de la circulación posterior (ICP):** aparece en zona vertebrobasilar, en el cerebelo, tallo encefálico y lóbulos occipitales.

### *1.6 Características clínicas*

La heterogeneidad de la propia patología hace que las manifestaciones clínicas sean también muy diversas, y que al menos una de estas, no esté resuelta en el 50% de los pacientes en fase crónica (30).

En función de la localización, etiología y tiempo de inicio del tratamiento, las manifestaciones clínicas pueden variar. Aun así, las más significativas son (31–33):

- *Alteraciones motoras.* Constituyen el factor más incapacitante, en términos de limitación de la movilidad. El 80% de los pacientes sufre afectación de un hemicuerpo (hemiparesia o hemiplejía). La afectación motora incluye, falta de control motor, alteraciones de coordinación y/o equilibrio, pérdida de movimiento

selectivo, alteraciones del tono muscular (hipertonía, hipotonías) o problemas articulares (disminución del rango articular, subluxaciones, capsulitis).

La espasticidad se considera un trastorno sensitivo-motor donde aparece un incremento del tono muscular dependiente de la velocidad. Es una respuesta secundaria para intentar resolver el problema primario de debilidad en el sistema lesionado. Se instaura gradualmente a causa de la pérdida total o parcial del control supraespinal y queda bajo la función de la médula espinal. Clínicamente se manifiesta con un acortamiento muscular (disminución del número de sarcómeros), atrofia (pérdida de masa muscular) y acumulación de tejido conectivo y grasa, y, por tanto, pérdida de rango de movimiento, posiciones articulares alteradas y dificultades posturales e incluso higiene en algunos casos. Además, todo este proceso, puede contribuir a la fatiga, ya que un músculo más corto está más tenso de lo normal para un ángulo articular dado, y un músculo que se contrae en una posición tensa se fatiga más rápidamente. La espasticidad no es solo un problema en sí mismo, sino que también interactúa y acentúa otras deficiencias como debilidad, reflejos exagerados de movimiento, clonus, deterioro de coordinación, alteración en la planificación motora y, por tanto, contribuye a limitaciones de actividad y participación del paciente (32,34,35).

La prevalencia de la espasticidad en pacientes con ictus, es de alrededor del 20-40%. Dentro del primer año aparece entorno al 38%, sin embargo, en pacientes crónicos con deterioros motores moderados y severos, la prevalencia asciende hasta el 97% de los casos (35).

- *Alteraciones sensitivas.* El ictus puede dar lugar a diferentes tipos de afectación sensorial. Los déficits somatosensoriales están presentes entre el 45-80% de los pacientes. Su origen puede ser la pérdida de la función motora, las limitaciones de la actividad o las restricciones en la participación. La pérdida de campo visual (hemianopsia) afecta entorno al 30% de los pacientes. Del mismo modo, también pueden aparecer problemas de audición, relacionados con lesiones en el tronco del encéfalo o en el cerebelo, concretamente, el 21% de los pacientes con ictus isquémico en la arteria cerebelosa superior los padecen.
- *Alteraciones perceptivas.* El trastorno perceptivo más frecuente es la negligencia, considerada más un síndrome con manifestaciones variadas que un déficit neurológico particular. Aparece hasta en el 82% de los ictus del hemisferio derecho y en una proporción algo menor tras un ictus del hemisferio izquierdo.

- *Alteraciones cognitivas.* El deterioro cognitivo se encuentra en una parte sustancial de los supervivientes de ictus, afectando a más de un tercio de ellos. Se asocian con una peor calidad de vida a largo plazo, y una mayor discapacidad e institucionalización del paciente. Los principales problemas afectan a la memoria, atención, velocidad de procesamiento, o razonamiento.
- *Dolor.* Se trata de un dolor central que resulta de una lesión en el sistema somatosensorial en lugar de un dolor nociceptivo periférico. El dolor central se asocia clásicamente con una afectación a nivel talámico, pero puede ser el resultado de una lesión en cualquier lugar a lo largo de los tractos espinal y talamocorticales. Los síntomas del dolor central suelen describirse como quemaduras o dolores y suelen incluir alodinia asociada con el tacto, el frío o el movimiento.
- *Alteraciones de comunicación.* La comunicación es un aspecto vital de la actividad diaria del ser humano, y su afectación compromete la participación en las actividades de la vida diaria (AVD). Las principales afectaciones son la afasia (motora, sensitiva o mixta), disartria y mutismo.
- *Alteraciones de la deglución.* La disfagia es común después del ictus, afectando entre el 42-67% de los pacientes a partir del tercer día. De este porcentaje, alrededor de la mitad aspiran, y un tercio desarrollan neumonía.
- *Alteraciones emocionales.* La depresión y ansiedad son comunes después de un ictus. Hasta el 33% de los supervivientes de un ACV sufren depresión en algún momento de la recuperación, y se sabe que puede afectar negativamente a la capacidad del paciente para participar de forma activa en las terapias de rehabilitación. Del mismo modo, la ansiedad puede crear incapacidad y/o sentimientos de preocupación/miedos acompañados de síntomas físicos, que hacen que la participación en la terapia sea más difícil. También pueden aparecer acontecimientos de agresividad, cambios bruscos en el estado de ánimo o labilidad emocional.
- *Incontinencias.* Aproximadamente entre el 40% y el 60% de los pacientes con ictus tienen incontinencia urinaria durante su fase aguda, y después del primer año alrededor del 15% la mantienen. La prevalencia de la incontinencia fecal es cerca de un 40% en la fase aguda. La edad, el nivel cognitivo y el deterioro funcional son factores de riesgo para ambas incontinencias. Debido al riesgo de lesiones dermatológicas, el estigma social que provoca, y la carga de cuidado asociado que

conlleva, el tratamiento de las incontinencias es una parte fundamental en el proceso de rehabilitación.

- *Disfunción sexual.* La sexualidad es un aspecto importante con bastante impacto en la calidad de vida, tanto del paciente como de su pareja. Existe una frecuente reticencia a informarse sobre este aspecto, debido a barreras culturales, vergüenza, así como la falta de conocimiento por parte del profesional de la salud. Las disfunciones sexuales más comunes tras un ictus son la disminución de la libido, trastornos de erección y eyaculación en los hombres, la lubricación y orgasmo en las mujeres, y cambios de imagen de sí mismo y de roles tanto en hombres como en mujeres.

### **1.7 Diagnóstico**

El diagnóstico rápido de los signos del ictus se considera de vital importancia para disminuir los daños cerebrales irreversibles, evitar recidivas, y, por supuesto, conseguir una mejor recuperación funcional del paciente (36).

El proceso de diagnóstico debe constar de la historia clínica (anamnesis y exploración física), el examen neurológico y las pruebas complementarias (36,37).

La historia clínica es la primera y más importante parte de la evaluación diagnóstica. Además de antecedentes personales y familiares, y la posible medicación prescrita, el tiempo de inicio de los síntomas es clave para determinar el tratamiento a seguir. Del mismo modo, es importante determinar los síntomas, tanto principales como asociados (37).

El diagnóstico es incompleto si se elude la exploración física general del paciente, debiendo prestar atención a aspectos como: signos vitales (presión arterial, pulso, ritmo respiratorio y temperatura corporal), apariencia general, exploración de la cabeza y cuello (signos de neurotrauma, rigidez, aliento, inspección ocular), valoración del color y humedad de piel y mucosas, evaluación cardiopulmonar (murmullo vesicular, ruidos cardiacos), y examinar posibles signos de embolización en extremidades (37).

El examen neurológico debe ser estandarizado para poder extrapolar resultados con fiabilidad. Se recomienda el uso de la escala del *National Institute of Health Stroke Score* (NIHSS) porque potencia la valoración eficiente, válida y reproducible de varios componentes claves del examen neurológico clásico. Cataloga al ictus en leve, moderado,

grave y muy grave, a través de 11 ítems con una posible puntuación de 0 a 42. Tiene valor pronóstico e indica la necesidad de tratamiento revascularizador (37).

En función de la información recogida de los exámenes anteriores se recomiendan diferentes tipos de pruebas complementarias. La resonancia magnética nuclear (RMN) informa no sólo de la topografía de la lesión, sino del posible tratamiento en estadios agudos. En cambio, la tomografía computarizada (TC) craneal, se realiza para descartar hemorragias cerebrales. Otras pruebas empleadas son la angiografía por tomografía computarizada (angio-TC), secuencias de difusión y perfusión, radiografía de tórax, o electrocardiograma (ECG) (36).

### ***1.8 Tratamiento***

El inicio del tratamiento en el ictus es sumamente importante, ya que se estima que por cada minuto que transcurre después del ictus se pierden 2 millones de neuronas, 14 billones de sinapsis, y 12 kilómetros de fibras mielínicas, lo que equivale a 3,6 años de envejecimiento cerebral por cada hora sin tratamiento (38).

El título del artículo de Saber JL, *El tiempo es cerebro* (38), debería ser la premisa con la que guiar tanto el tratamiento quirúrgico, farmacológico como el rehabilitador.

Atendiendo a esta necesidad de máxima premura en el inicio del tratamiento, el Código Ictus es el procedimiento, de ámbito nacional, basado en el reconocimiento precoz de los signos y síntomas de un ictus, con la consiguiente priorización de cuidados y traslado inmediato al hospital con Unidad de Ictus, de aquellos pacientes que se pueden beneficiar de un tratamiento multidisciplinar especializado en las primeras horas de la fase aguda. Siendo una emergencia clínica, el objetivo es que, desde el inicio de los síntomas a la puerta del hospital, no pasen más de dos horas, y desde la activación del Código Ictus a la puerta del hospital no trascorra más de una hora. Se trata, por tanto, de un procedimiento para intentar minimizar los daños provocados por un ictus (39).

Habitualmente, el tratamiento que se lleva a cabo es médico, recurriéndose a la cirugía solo en casos de HSA provocada por una aneurisma (siendo el tratamiento quirúrgico de elección la embolización o el clipaje), en el caso de HIC (mediante un drenaje del líquido cefalorraquídeo (LCR) o craneotomía con el fin de disminuir la presión craneal), y en ciertos casos de isquemia aguda en pacientes jóvenes con infartos de grandes vasos, junto con gran edema cerebral, o isquemia aguda del territorio

vertebrobasilar, por complicaciones de compresión del tronco encefálico (a través de resecciones amplias de hueso) (40).

En la mayoría de los ictus de origen isquémico, la trombectomía mecánica es la técnica de primera elección. Su propósito es la restitución rápida del flujo sanguíneo cerebral, fundamental para minimizar la lesión y reducir las secuelas (41).

A nivel preventivo los métodos empleados son la endarterectomía carotídea (eliminación del coágulo formado en la arteria carótida) y el stent carotídeo, principalmente para prevenir episodios isquémicos (42).

### **Tratamiento farmacológico**

Existen varios grupos de fármacos para el tratamiento del ictus, tanto de uso preventivo (pre y pos ictus) como de uso en el tratamiento agudo (43).

Los antiagregantes plaquetarios se usan principalmente como prevención en los ictus isquémicos de origen aterotrombótico. Los fármacos anticoagulantes basan su mecanismo de acción en interferir en el metabolismo de la vitamina K. Además, existen terapias combinadas de agentes antiagregantes que actúan por diferentes mecanismos (43).

En la fase aguda del ictus, el tratamiento trombolítico ha sido muy estudiado y en ocasiones, en función del tipo de ictus, cuestionado por el riesgo de hemorragia. No obstante, los fibrinolíticos son el pilar principal de la terapia farmacológica para el ictus agudo isquémico (43).

Un reciente estudio ha analizado, en pacientes con ictus isquémico agudo con oclusión de grandes vasos, y tras la trombectomía, la administración de un medicamento trombolítico, la alteplasa intraarterial. Los autores concluyeron que estos pacientes tienen una mayor probabilidad de un resultado neurológico excelente a los 90 días (44).

### **Tratamiento rehabilitador**

El objetivo del tratamiento debe ser conseguir la máxima capacidad funcional posible para facilitar la autonomía personal y la reintegración familiar y sociolaboral del paciente (45).

Debido a la disfunción neurológica que produce el ictus, el tratamiento ha de abordarse desde diferentes ámbitos, y es necesario que se lleve a cabo mediante un equipo multidisciplinar, integrado por médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, logopedas, neuropsicólogos, personal de enfermería, ortopedas, y trabajadores sociales (45).

Aunque el deterioro o disfunción y la discapacidad están significativamente correlacionados entre sí en el ictus, la reducción del nivel de deterioro por sí sola no explica completamente la disminución de la discapacidad que ocurre durante el proceso de rehabilitación. Incluso, los pacientes sin una reducción sustancial del deterioro demuestran mejorías respecto a su discapacidad durante este proceso. Por ende, la rehabilitación muestra un papel independiente y fundamental en la mejora de la función más allá de lo atribuible a una recuperación de resultados biológicos y neurológicos (46).

Según las recomendaciones de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física, el programa rehabilitador del paciente con ictus debe incluir ciertos principios generales. El inicio precoz del tratamiento ha demostrado una mejoría funcional del paciente. La intensidad de la terapia disminuye el grado de discapacidad y reduce el tiempo de estancia hospitalaria en estadios iniciales. Desde el inicio, el tratamiento debe estar planificado y con una continuidad en todas las fases. Aunque el mayor grado de recuperación funcional tiene lugar en los primeros meses, el proceso de adaptación a la discapacidad y reintegración a la sociedad es más prolongado, y en este sentido ciertos estudios demuestran la efectividad del tratamiento en fase crónica (30,47). Los resultados han de evaluarse mediante métodos clínicos, y la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF) establece un marco y lenguaje estandarizados para ello. Por último, el equipo multidisciplinar ha de promover una participación activa por parte de los familiares y cuidadores en todo el proceso de rehabilitación (47).

Bernhardt et al. proponen un marco temporal para delimitar cada una de las fases del proceso de rehabilitación: fase hiper aguda (0-24 horas); fase aguda (1-7 días); fase subaguda temprana (7 días – 3meses); fase subaguda tardía (3-6 meses); fase crónica (a partir de los 6 meses) (48).

Después de la etapa crítica clínicamente, cuando el paciente está estable en términos vitales, la neurorrehabilitación representa la única oportunidad de mejora para

los pacientes que presentan una discapacidad residual, pudiéndose aplicar aproximadamente al 40% de todos los ictus (45).

El proceso rehabilitador se lleva a cabo durante las diferentes fases (45):

- *Fase de hospitalización en fase aguda.* La rehabilitación debe iniciarse de forma precoz e integrada en una asistencia estructurada. Es conveniente planificar cual será el desarrollo más adecuado para el paciente durante todo el proceso de rehabilitación. Una vez que el paciente está médicamente estable, debe comenzar la rehabilitación llevada a cabo por el equipo multidisciplinar, marcando futuros objetivos para el paciente.

Esta fase se desarrolla en las Unidades de Ictus, espacio dentro del hospital designado a pacientes que necesitan servicios de rehabilitación y atención profesional multidisciplinar especializada. Estas Unidades cuentan con: criterios de ingreso preestablecido; monitorización continua no invasiva; personal altamente cualificado, coordinado por especialistas en neurología expertos en enfermedades cerebrovasculares; colaboración con otras especialidades médicas relacionadas; personal y servicios diagnósticos disponibles las 24 horas/ 7 días; protocolos basados en evidencias científicas; bases de datos y registros de pacientes atendidos (39).

Desde los años 70, que comenzó la idea de Unidad de Ictus, hasta la actualidad, han evolucionado y desarrollado considerablemente, pero sin duda, desde sus inicios, han supuesto una auténtica revolución en el tratamiento de estos pacientes (49).

Uno de los beneficios más demostrados de estas Unidades es la reducción de la mortalidad. En la primera semana después del ictus, no hay diferencias significativas con respecto al efecto de las Unidades de Ictus, probablemente debido a que la causa fundamental de muerte en este período está directamente relacionada con la gravedad del ictus y no es modificable por ninguna intervención terapéutica específica. En cambio, a partir de la semana, se evidencia una disminución significativa de la mortalidad de los pacientes atendidos en estas Unidades, respecto a los atendidos en plantas generales. Además, tanto la esperanza de vida a largo plazo como el estado funcional también se ven acrecentados tras la estancia en las Unidades de Ictus (49).

Conocidas las previsiones del número de casos de ictus, así como el coste económico que conlleva, es necesario identificar modelos de atención que no sólo sean eficaces sino también eficientes. En este sentido, las Unidades de Ictus permiten una reducción no sólo en el tiempo de estancia hospitalaria, sino también en el porcentaje de pacientes con altos niveles de dependencia en el momento del alta, como en los años posteriores (49).

En España, aunque el número de Unidades de Ictus específicas han ido aumentando, aun no son las suficientes, y se antoja necesario la implementación de las mismas, dado los beneficios que conllevan (45).

- *Ámbitos de rehabilitación en fase subaguda.* En función de la situación de cada paciente, tanto clínica como social, hay varias opciones para que continúe su rehabilitación:

- *Rehabilitación hospitalaria.* Destinada a pacientes con afectación moderada/grave en dos o más áreas funcionales y cognitivamente estables, ya que se realizan terapias de alta intensidad, cuyo objetivo es devolver al paciente a su entorno habitual lo antes posible.
- *Rehabilitación ambulatoria.* Enfocada a pacientes con afectación leve/moderada en una o dos áreas funcionales y sin déficit cognitivos importantes. Es vital que cuenten con apoyo social y familiar, además de tener la capacidad para desplazarse hasta el centro de rehabilitación.
- *Atención domiciliaria.* Conveniente para pacientes con discapacidad moderada/grave. A pesar de tener apoyo social y familiar existe obstáculos o inconvenientes para poder acudir al centro de rehabilitación.
- *Centro o residencia de media o larga estancia.* Dirigida a pacientes con incapacidad de realizar actividades básicas, asumir terapias y sobre todo sin apoyo familiar y/o social, incapaz de que el paciente pueda volver a su domicilio habitual en un periodo de tiempo.

- *Fase crónica.* A pesar de la gran cantidad de estudios que han demostrado la efectividad del tratamiento en las fases anteriores, en esta fase existe menos consenso. La principal dificultad, que refleja una reciente revisión, para poder demostrar la efectividad de tratamientos en fase crónica, es la falta de ensayos

clínicos aleatorizados (ECA) con una muestra lo suficientemente amplia con lo que alcanzar un nivel de evidencia óptimo (50).

Hay pacientes que responden a tratamientos concretos con posterioridad mucho más allá de la fase subaguda, y el tratamiento rehabilitador ha de mantenerse mientras existan objetivos funcionales que lograr (51). En este sentido, y a pesar de las limitaciones metodológicas, existen meta-análisis sobre el tratamiento de la marcha (52–54), equilibrio (55), tratamiento del miembro superior (MS) (56,57) o terapia acuática (58) entre otros.

El tratamiento rehabilitador se suele prolongar entre los 6 y 12 primeros meses, pero es necesario garantizar que los pacientes en esta fase sigan teniendo acceso a los servicios de rehabilitación, ya que episodios de caídas, fracturas, deterioro funcional, o alteraciones psicológicas afectan al estado general del paciente, y pueden requerir tratamientos puntuales y de corta duración para volver al nivel previo (47,51). Igualmente, se antoja necesario, como objetivo de esta fase, evitar la recurrencia del ictus, ya que uno de cada cuatro son episodios recurrentes (59).

Una respuesta común después de la pérdida de función motora, son las estrategias compensatorias, es decir, el uso de estrategias alternativas al movimiento normal. En esta fase, recuperación y compensación se superponen durante el proceso de recuperación del paciente. La recuperación sucede gracias a la reparación y restauración espontáneas del SNC, en gran parte debido al retorno de flujo sanguíneo y a la reorganización de los patrones de conectividad neuronal. La compensación, en cambio, depende de mecanismos de plasticidad neuronal relacionados con el aprendizaje, y estos a su vez están muy vinculados con el flujo sanguíneo y la capacidad de reorganización neuronal. Así, ambos procesos conviven, y son necesarios para maximizar la función motora (59).

Por esta razón, la literatura evidencia que, el entrenamiento de la función motora incluso mucho después de un accidente cerebrovascular, puede promover cierta recuperación del movimiento más normal (60,61).

Teasell et al. sugieren, tras una recopilación de investigaciones en fase crónica, que la rehabilitación de muchos pacientes con ictus refleja un proceso de aprendizaje a lo largo de toda la vida, además de remarcan la necesidad de reubicar

el manejo del ictus, para así, mejorar y avanzar en el tratamiento de las enfermedades crónicas (62).

Los métodos específicos de intervención en neurorrehabilitación más usados son: el concepto Bobath, el ejercicio terapéutico cognoscitivo (Perfetti), Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP), terapia por restricción del lado sano, o ejercicio terapéutico (63–67). Otras terapias como la robótica, la realidad virtual (RV), o la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS), no están tan instauradas en entornos clínicos (68,69).

Del mismo modo, en esta fase es de vital importancia, además del aspecto motor, contextualizar al paciente, donde las interacciones entre los aspectos biológicos, psicológicos, sociales y ambientales se han de tener en cuenta para proporcionar un servicio de rehabilitación adecuado, con el fin de poder reintegrar al paciente en la sociedad (50).

Aunque esta fase se lleva a cabo de forma ambulatoria (45), en los últimos años la telerrehabilitación se postula como una alternativa prometedora y útil para prestar servicios de rehabilitación a personas que requieran rehabilitación más allá de la etapa subaguda, eliminando barreras geográficas y socioeconómicas inherentes a esta fase (70,71).

### ***1.9 Discapacidad en el ictus***

El ictus es la primera causa de discapacidad adquirida en el adulto y la segunda de demencia después de la enfermedad de Alzheimer (8).

Es una patología que no solo implica una carga sanitaria, sino también personal, familiar y social, por su impacto en la vida de las personas que lo sufren y en la de sus cuidadores (8).

La percepción de la calidad de vida es un concepto subjetivo, flexible y particular a cada individuo, cuya raíz es satisfacer las necesidades biopsicosociales de cada momento. El hecho de sobrevivir a un ictus implica superar el acontecimiento, recuperar las secuelas provocadas, iniciar un nuevo estilo de vida, bajo una nueva identidad y en un nuevo entorno social (72).

La calidad de vida en pacientes que han sufrido un ictus, está definida por factores como la edad, el grado de afectación neurológica o la presencia de síntomas depresivos, desde la fase aguda del proceso (73).

En España, el 37,3% de pacientes que ha sufrido un ictus percibe su estado de salud como regular y el 36,5% como malo o muy malo. El 64% sufre dolor o malestar, el 62,4% presenta problemas de movilidad, y el 59,1% tiene problemas para realizar sus actividades cotidianas (8).

Aproximadamente, el 90% de los supervivientes de ictus tienen secuelas; la mitad de ellos padece una discapacidad permanente; en torno al 30% es incapaz de realizar las AVD de forma independiente, necesitando ayuda, y el 20% no es capaz de caminar de forma independiente, repercutiendo todo ello en su calidad de vida (74). Focalizando en el MS, entre el 50-80% de los pacientes sufre afectación durante la fase aguda. Entono al 40-50% la mantiene en fase subaguda, y prácticamente para todos estos la disfunción del MS se vuelve crónica, trascendiendo por tanto, en su calidad de vida (75).

Existen distintas causas que provocan este detrimento en la calidad de vida del paciente con ictus, como el grado de espasticidad, necesidad del uso de silla de ruedas para desplazamientos, aspectos psicológicos, disfunción sexual, problemas de alimentación, déficit en la comunicación y/o problemas visuales entre otros (32).

En cambio, también se sabe que un seguimiento de la enfermedad, la realización de actividad física, aumento de fuerza en extremidades inferiores, o incluso la prescripción de una silla de ruedas eléctrica para poder realizar desplazamientos de forma autónoma, aumentan la calidad de vida (32). También se han observado, cómo medidas de rendimiento físico, tales como la fuerza muscular y la movilidad en el momento del alta, pueden predecir parcialmente la calidad de vida del paciente y su reintegración a la sociedad 6 meses después (76).

Con frecuencia, la vuelta a la actividad profesional equivale a independencia para la mayoría de los pacientes. Se ha determinado que en torno a un 34% consigue su reinserción laboral hasta dos años después del ictus (77), si bien el porcentaje global de personas que vuelven al trabajo después del ictus varía ampliamente entre el 20-66% (32).

Sobre los gastos económicos derivados del ictus, en Europa, se calcula que el coste anual es de 45.000 millones de euros, siendo casi la mitad (44%) destinados a costes sanitarios, con diferencias entre los diferentes países de la Unión. Atendiendo a las

predicciones de incidencia de ictus en Europa, se requerirán más recursos eficaces y mejor planificación para aliviar la presión económica que sufren las familias con algún afectado por ictus (7).

El coste total anual asociado al ictus en España se estima en 2.908 millones de euros. Desglosándolo, el 43% corresponde a gasto sanitario, el 32% a cuidados informales, y el 25% restante a pérdidas de productividad laboral (8).

Según la SEN, solo el 10% de personas con discapacidad debido a un ictus han recibido alguna prestación económica por su discapacidad. La media nacional anual por persona es de 6.427€, siendo notable la diferencia entre algunas comunidades autónomas. Los hombres recibieron pensiones contributivas en mayor proporción que las mujeres (57,5% vs. 32,8%) y los menores de 65 años en mayor proporción que los mayores (46,1% vs. 41,4%) (8).

Es conveniente reflexionar y actuar sobre lo que supone esta patología en las diferentes esferas del ser humano y de la sociedad. En este sentido, en el año 2018, la Organización Europea del Ictus emitió una serie de objetivos generales con el fin de cumplir en el año 2030: reducir en un 10% el valor absoluto de ictus en Europa; tratar al 90% o más de todos los pacientes en Europa en una Unidad de Ictus, como primer nivel de atención; tener planes nacionales que abarquen toda la cadena de atención, desde la prevención primaria hasta la vida después del ictus, y por último, aplicar íntegramente las estrategias nacionales de intervenciones multisectoriales de salud pública para promover y facilitar un estilo de vida saludable y reducir los factores ambientales (incluida la contaminación atmosférica), socioeconómicos y educativos que aumentan el riesgo de sufrir un ictus (78).

## **2. Bases conceptuales de la función del miembro superior**

### ***2.1 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. Movimientos.***

El MS es sin duda un gran complejo óseo, muscular y ligamentoso, cuyo principal objetivo es poder desplazar la mano en el espacio. Este refinado sistema es el resultado de años de evolución de la especie humana (79).

El hombro se considera la articulación más móvil del cuerpo humano, pero también la más inestable, ya que la articulación glenohumeral es incongruente, con superficies articulares asimétricas con poco contacto entre sí. Posee tres grados de libertad, permitiendo orientar el MS con relación a los tres planos del espacio, en disposición a los tres ejes (80).

Esta gran capacidad de movimiento se consigue a través del equilibrio entre amplitud articular y estabilidad, y es necesario conjugarlo mediante mecanismos estabilizadores tanto estáticos como dinámicos (81).

No se puede comprender la biomecánica del complejo escápulo-humeral sin tener en cuenta el rol que juega la escápula. Todas las articulaciones del complejo trabajan conjuntamente, son dependientes, y una disfunción en cualquiera de las articulaciones tiene un efecto directo en las otras (82). La capacidad de mantener la posición de la escápula es esencial para el funcionamiento óptimo del MS. A través del ejercicio de estabilización escapular se puede aumentar la fuerza muscular, y así disminuir la discinesia escapular. El ritmo escápulo-humeral es necesario para el movimiento eficiente del MS y permite la alineación glenohumeral maximizando la estabilidad de las articulaciones (83). En ocasiones, tras una afectación del SNC, la asincronía de este ritmo, es decir, la discinesia escapular, puede deberse no sólo a un problema que radique en la extremidad superior, sino también a una debilidad de la cadena cinética de la cadera / pierna y debilidad central (83,84), poniendo de relieve la influencia de otras estructuras en la estabilidad escapular y, por tanto, en el movimiento del MS.

El codo coopera con el hombro en la aplicación de fuerza y control del movimiento de la mano en el espacio, posibilitando aún más la diversidad del movimiento del MS (85). Se sabe que un tríceps débil limita el máximo alcance, lo que conlleva que mejorar la extensión del codo supone un impacto positivo sobre toda la cinemática del MS (86). La extensión del codo es un factor importante en el control y la funcionalidad del MS después del ictus. Ante la falta de un tríceps activo, las estrategias compensatorias de la escápula y el hombro aumentan (87).

Las principales características que aparecen en la mano tras un ictus son: reducción de la densidad ósea, ya que se reduce la carga mecánica conllevando a la resorción del hueso; disminución del espesor de los cartílagos, debido a la falta de movilidad, y un aumento de tono muscular (88). En pacientes con ictus, el riesgo de aparición de una contracción patológica es elevado a nivel de la muñeca, las

articulaciones metacarpofalángicas y las articulaciones interfalángicas, afectándose los músculos flexores y/o extensores (89). Los componentes que contribuyen al aumento de esta rigidez articular son tanto de origen neural como no neural, determinado por ejemplo por la longitud de los sarcómeros y la composición del colágeno (90). La extensión selectiva de la muñeca junto con abducción y extensión selectiva de la pulgar, movimientos complejos tras un ictus, son componentes esenciales para la estabilidad necesaria para la forma de la mano. El refuerzo de los músculos del pulgar, no solo es esencial para la mano, sino también para la pronosupinación, y la extensión de la muñeca (91).

La capacidad de movimiento selectivo de los dedos juega un papel importante en la producción de movimientos coordinados y en la destreza (92). El quinto dedo ayuda a los agarres que necesiten fuerza, y es fulcro de la pronosupinación. El dedo anular es el que tiene menos fuerza y raramente se utiliza en movimientos que requieran precisión. De los dedos trifalángicos, el dedo medio proporciona la mayor parte de fuerza individual durante los movimientos de flexión, y participa tanto en tareas de fuerza como de precisión. La oposición del índice junto con el pulgar proporciona movimientos que requieren precisión, y se estima que con la pérdida de función del índice habría una disminución de la supinación del 20%. La capacidad del pulgar para oponerse a otros dedos le permite desarrollar una gran variedad de pinzas funcionales (93). Los músculos intrínsecos de la mano, lumbricales e interóseos, contribuyen a la forma de la mano y a la fuerza del agarre. La falta de actividad de la musculatura intrínseca produce un desequilibrio en la activación de la extrínseca. Además, los músculos intrínsecos mantienen la base postural para el movimiento de los dedos (94).

El fraccionamiento del movimiento es una parte crítica de nuestra habilidad en el uso de las extremidades superiores. En disfunciones del SNC como el ictus, es frecuente que la capacidad para fraccionar el movimiento esté reducida. No sólo a nivel distal (dedos), sino que la pérdida de movimiento fraccionado también se produce en segmentos más proximales. Al igual que las alteraciones del tono, el grado de pérdida en el fraccionamiento del movimiento está relacionado con el grado de debilidad. Los pacientes con dificultad de movimiento y aumento del tono en estadios más graves suelen presentar menos capacidad para fraccionar el movimiento, mientras que los que sufren deterioros más leves tienen más capacidad de realizar movimientos fraccionados (95).

Se ha estudiado cómo el control del movimiento en 9 segmentos del MS (hombro, codo, antebrazo, muñeca y 5 dedos) contribuye a la pérdida de la función de la mano en personas con ictus. Los movimientos de las extremidades requieren la coordinación de múltiples segmentos, y es necesario evaluar cada segmento por separado para ver cómo cada uno contribuye a la función de la mano. Se pueden plantear diferentes hipótesis para saber cuál es la causa que provoca tal falta de funcionalidad, y aunque la más evidente puede ser la falta de movimiento selectivo en los dedos, se sabe que la pérdida de la función de la mano se atribuye a la pérdida de control de movimiento en todos estos segmentos, tanto distales como proximales (96).

Dada la importancia de los movimientos coordinados de las dos extremidades superiores en las AVD, es de vital interés saber que el MS ipsilateral a la lesión con frecuencia también se ve afectado, no debiéndose dar por sentada la correcta función de este. Se sabe que existe una tendencia a una estabilización inadecuada de la escápula y una capacidad disminuida para la rotación externa del brazo no afecto (97,98). También se han recogido datos sobre el movimiento y la actividad muscular en la muñeca ipsilesional, llegando a ser hasta un 50% más lento que en sujetos sanos (99). Por tanto, es imprescindible incluir el tratamiento del MS no afecto en la recuperación integral del paciente con ictus (97), ya que la proporción de axones del sistema corticoespinal que se decusan es entorno al 75%-90%, siendo la parte restante la causante de la afectación ipsilateral a la lesión (100).

Como se ha descrito anteriormente, el objetivo principal del MS es poder mover la mano en el espacio realizando movimientos de alcance, para posteriormente poder manipular, agarrar o interactuar con el entorno. Es decir, conseguir que sea funcional, entendiendo por funcionalidad del MS la capacidad individual para interactuar con el entorno durante el desarrollo de una actividad de forma eficiente (101).

En este sentido, el alcance se puede considerar un movimiento dependiente de la tarea, con el objetivo de llevar el punto final (la mano) a una ubicación deseada y en el movimiento deseado, considerando las restricciones ambientales y de la tarea (gravedad) (102). En cambio, el agarre efectivo implica la habilidad de coordinar múltiples configuraciones de los movimientos de los dedos, dependiendo de las propiedades del objeto que se vaya a agarrar (tamaño, forma, peso) (103). La importancia de este movimiento radica en que para más del 50% de las AVD se necesita un movimiento de agarre (104).

Siguiendo un recorrido del patrón de alcance y agarre, primeramente, el córtex motor tiene que llegar al umbral necesario de activación para que se puedan iniciar todos los procesos requeridos. Además, aspectos cognitivos de integración sensorial son imprescindibles para poder generar los ajustes posturales que aseguran que el movimiento sea eficiente. Estos procesos posturales generan orientación y estabilidad de las diferentes partes del cuerpo. Cuando se consiguen estos ajustes posturales anticipatorios es cuando se alcanza el preformado de la mano, es decir, el control postural de la mano con relación al objeto. El movimiento adquiere la máxima velocidad al inicio, y a medida que la mano se acerca al objeto la velocidad decrece para permitir el contacto y la interacción (105–107).

A nivel neuroanatómico y neurofisiológico, tanto el movimiento de alcance como el de agarre tienen dos proyecciones diferentes. En el alcance, la dirección de la proyección se inicia a nivel de la corteza visual, luego recluta al área parietal superior, para terminar en el área premotora dorsal. En cambio, durante el agarre, si bien se inicia en la corteza visual, se dirige posteriormente al área parietal inferior para concluir en el área premotora ventral. A pesar de ser movimientos distintos, tienen las mismas áreas de integración, comunes para componentes anticipatorios posturales, visuales y perceptuales (108).

Todo este proceso constituye el conjunto de circuitos perfectamente orquestados donde cada estructura tiene su función y relación con el resto, y donde se requieren componentes posturales y cognitivos anticipatorios previos al movimiento de alcance.

La integración de todos estos sistemas produce la activación motora a través de programas motores y por supuesto, del movimiento voluntario, sin olvidar la integración sensorial, la motivación o la memoria (109).

En el caso de pacientes con ictus, la habilidad para anticiparse a una perturbación durante el movimiento está comprometida, y por tanto existe una dificultad de adaptación ante un entorno cambiante. Así, por ejemplo, en la práctica clínica se ha observado un inicio tardío en la activación de los músculos estabilizadores escapulares, lo que interfiere en la orientación y estabilidad del MS, incluso llegando a provocar dolor (110).

Existen principalmente tres consecuencias funcionales de los daños en la función del MS tras un ictus: (1) no uso aprendido, (2) mal uso aprendido, y (3) olvido. La debilidad es el impedimento clave que lleva a la no utilización aprendida. El deterioro

sensorial, la inmovilidad y el dolor crónico pueden contribuir aún más a este uso no aprendido, incluso pudiendo provocar importantes limitaciones de la actividad y restricciones en la participación. La espasticidad, la co-contracción espástica y las sinergias motoras anormales se producen a medida que avanza la recuperación y puede conducir a movimientos compensatorios anormales, que si se repiten y se refuerzan llevan a un mal uso aprendido. Por último, la afectación en la adaptación sensorio-motora puede conducir al aprendizaje transitorio de nuevas habilidades a pesar de la práctica extensiva, siendo el último eslabón el olvido de la extremidad (111).

## ***2.2 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. Importancia del tronco.***

La evidencia sugiere que el tronco es un componente de control postural activo que precede al comienzo de la marcha y al movimiento de alcance, a través de los ajustes posturales anticipatorios (112).

Previo al movimiento se deben alcanzar los componentes de postura. El SNC debe integrar las diferentes señales de los diferentes sentidos en la corteza visual, la corteza vestibular y en la corteza sensorial primaria. Cuando esta información se ha integrado en la corteza tèmpero-parietal y su conexión con los ganglios de la base, nos genera un modelo interno postural, es decir, un esquema corporal y la percepción de verticalidad (109).

Una vez conseguido el modelo interno, la corteza prefrontal desencadena el funcionamiento de los programas motores y actualiza la información junto a la corteza postero-parietal, generando un continuo de información. Dicha información, a través del área motora suplementaria y el área premotora, producirán programas motores apropiados junto a los ganglios basales y el cerebelo (109).

Habiendo generado los programas motores, es cuando podemos conseguir los ajustes posturales y el mantenimiento de la postura, previos al movimiento de la mano, gracias a la información de los tractos córtico-reticulares, y tractos reticuloespinales. Los programas motores son enviados a la corteza motora primaria para realizar los movimientos dirigidos al objeto funcional. Es decir, existe un circuito visio-parieto-frontal que facilita unos ajustes posturales previos al movimiento de alcance, de manera que se pueda mantener la orientación y equilibrio corporal (109).

Toda la explicación con base teórica se plasma en la práctica clínica, y se comprueba cómo el tronco juega un rol fundamental en todo el aspecto postural previo a los movimientos del MS.

Observamos que la estabilidad dinámica del tronco superior e inferior, con la escápula estable en la caja torácica, permite que los miembros superiores se alejen del cuerpo, liberando la mano para su uso (113). Clínicamente, significa que el MS es más ligero y puede moverse sin esfuerzo porque la estabilidad del tronco proximal proporciona la base para que los músculos del hombro sean eficientes en el desplazamiento de la mano hacia adelante.

La capacidad de mantener el tronco en extensión y estable frente a las esperadas perturbaciones del movimiento de las extremidades, requiere una actividad muscular anterior y posterior (*core stability*) y una posición del centro de masa estable, pero a su vez móvil sobre un fondo de alineación pélvica apropiado (114).

La *core stability* es parte del control postural y es crucial para restaurar la estabilidad después de una lesión del SNC. La percepción de la verticalidad de la postura no solo está controlada por los graviceptores a nivel laberíntico, o los receptores de las articulaciones, tendones, músculos o piel, sino que se sabe que en gran parte está controlada por los graviceptores situados a nivel del tronco. Se ha estudiado cómo el aumento de la presión intra-abdominal estimula los graviceptores en las paredes del intestino, de los riñones y de los grandes vasos abdominales, facilitando la extensión axial (115–117). Por tanto, un tronco con baja actividad antigravitatoria tenderá a una postura flexora, conllevando una mala alineación de la escápula e inestabilidad glenohumeral.

Además, la movilidad de la columna torácica produce una base para la actividad del hombro y es esencial para el movimiento del MS y la orientación de la mano (118).

Conociendo todos estos aspectos, de cómo influye el tronco en el movimiento del MS, varios autores proponen trabajar con restricción del tronco durante el tratamiento de la extremidad superior en pacientes con ictus (104,119–124).

Cirstea et al. (125) observaron una correlación significativa entre la disminución de la extensión del codo y la flexión del hombro con el aumento del movimiento del tronco en pacientes con ictus.

Tras un ictus las alteraciones en el tono muscular, la fuerza, la coordinación, la sensibilidad y el dolor pueden limitar el movimiento del hombro y codo en el patrón de

alcance. Debido a esta reducción de movilidad, el tronco realiza movimientos compensatorios en flexión y rotación para completar la tarea de alcance. Aunque gracias a los movimientos compensatorios, el individuo puede alcanzar sus objetivos a corto plazo, el uso a largo plazo de patrones de movimiento alterados, podría impactar en la alineación de la articulación, limitando el rango de movimiento y contribuyendo a problemas articulares, contracturas musculares, dolor, debilidad muscular, desuso, y aumento del gasto energético (104,119).

La observación del movimiento compensatorio del tronco ha llevado al uso de la limitación o restricción de este durante el tratamiento del MS para mejorar su resultado. La estrategia de compensación del tronco puede reflejar una respuesta habitual del SNC cuando no hay suficiente control motor y/o fuerza para realizar la tarea de manera más eficiente (104), ya que en condiciones normales el tronco no se desplaza anteriormente hasta que no hemos conseguido el 80-90% de longitud de brazo durante el movimiento de alcance (120).

La restricción del tronco en la terapia del paciente con ictus tendría como objetivo evitar los movimientos compensatorios del tronco para facilitar el desarrollo de patrones motores típicos en el MS afecto (120), mejorar la extensión activa del codo, los rangos articulares del hombro, y la coordinación entre las articulaciones cuando se realiza el movimiento de alcance (123,124).

Cabe mencionar que existe otro componente a tener en cuenta, y es que la posición de la cabeza influye en el movimiento del MS. A nivel cervical, existen gran cantidad de mecanorreceptores que juegan un papel crítico en la integración de las aferencias propioceptivas, vestibulares, visuales y somatosensoriales, así los músculos suboccipitales ricos en husos neuromusculares son esenciales en el control postural (126).

### ***2.3 Aspectos relevantes en los movimientos y estructuras del miembro superior en pacientes con ictus. La mano.***

Las actividades de la mano tienen lugar en conjunto con otras tareas que requieren de un control cognitivo, perceptivo y postural. Los movimientos de la mano están formados no sólo por características del individuo, sino también por la tarea y el entorno en el que el movimiento tiene lugar, creando un paradigma necesario en la rehabilitación del MS (127).

Los inputs táctiles de los receptores de la piel para el tacto y la presión, acoplados con el estímulo propioceptivo, mejoran la estabilidad postural mediante el incremento del tono axial y el aporte de input sensorio motor adicional. El input táctil de cualquier parte del cuerpo es integrado en el SNC para mantener la postura erguida. Incluso en los casos en los que la información somatosensorial de las extremidades inferiores está reducida o alterada, asiste en el mantenimiento de la verticalidad (128).

El contacto táctil de las manos con una superficie estable parece disminuir la oscilación postural debido al aumento asociado del tono muscular axial. Un ligero contacto de la mano facilita la orientación de la línea media influyendo en el esquema corporal, genera estabilidad postural para movimientos selectivos de la muñeca, codo y hombro, y actúa como soporte de las extremidades, además clínicamente, se traduce en una referencia tanto para el movimiento del tronco y MS (129,130).

Teniendo en cuenta estas premisas, parece interesante fomentar el contacto de la mano sobre una superficie cuando no se esté desarrollando ninguna tarea específica, con el objetivo de incluirla en el esquema corporal, aumentar el tono axial y generar mayor estabilidad.

Otro aspecto importante a la hora de hablar de la mano es el término *affordance*. Este concepto comenzó a desarrollarse en la década de los años setenta, pero en los últimos años ha cobrado mayor interés. Se define como las diferentes posibilidades de acción caracterizadas por las propiedades de los objetos o entorno con los que interactúa el individuo (131).

Las propiedades físicas del objeto dan unas posibilidades, a través de la información visual, de cómo se puede interactuar con el objeto y generar planes motores para ello. Por tanto, un mismo objeto lo puedo coger, tocar o mantener de diferentes maneras (132).

Esta capacidad de poder interactuar con un objeto lo conseguimos gracias a los ajustes cognitivos anticipatorios, requisitos previos (junto con los ajustes posturales anticipatorios) del movimiento de alcance y agarre, y que dan la posibilidad de poder adaptar la mano al objeto. Sucede gracias a tres vías o sistemas interconectados, como lo denominan Osiurak et al. en su artículo, que se originan en la corteza visual, y que posteriormente cada uno termina en diferentes partes del córtex parietal y áreas premotoras (131).

El sistema dorso-dorsal da la información de hacia dónde se tiene que dirigir la mano a través de la visión, para poder interactuar con el objeto. Proporciona todas las interacciones posibles para poder relacionarse con el objeto. Está muy involucrado en el procesamiento de los componentes de agarre y alcance. Se actualiza constantemente a través de la información visual, y su capacidad de almacenamiento es muy breve, únicamente mientras se sucede la acción. Una alteración en este sistema provoca problemas en la producción de la acción, es decir, dificultades con los programas que se han de generar para la acción motora, como ataxias ópticas o apraxias ideomotoras (131).

El sistema ventro-dorsal ayuda a entender el uso de las herramientas. Ayuda a comprender las posibilidades mecánicas para determinar cómo las herramientas y los objetos se puede usar conjuntamente. Almacena representaciones más a largo plazo y procesa información más compleja. Si está afectado, este sistema produce problemas a la hora de entender el concepto de la acción, originando apraxias ideatorias (131).

Por último, el sistema ventral selecciona un patrón de acción a cada objeto, nos dice qué es el objeto y cómo puedo utilizarlo. Almacena representaciones a largo plazo y genera el patrón de acción apropiado para poder interactuar con cada objeto. Este sistema se activa de una forma eficiente cuando se usan herramientas familiares para la persona. Su deterioro provoca alteraciones de conceptualización, como la incapacidad de reconocer la acción de un objeto y cómo utilizarlo (131).

Tras la activación de todos los sistemas involucrados en los ajustes cognitivos anticipatorios, el movimiento de la mano hacia el objeto se realiza gracias a los sistemas motores descendentes corticoespinal y reticuloespinal. Aunque el tracto corticoespinal contribuye ampliamente en las tareas de control que requieren una manipulación fraccionada fina, como el agarre de precisión, cada vez hay más evidencia sugiriendo que el tracto reticuloespinal puede ser responsable de ayudar a controlar un agarre que requiera más potencia. En este sentido, se han demostrado que una sola célula corticoespinal facilita a los músculos intrínsecos de la mano con estrechas relaciones funcionales, lo que la hace más adecuada para pequeños movimientos fraccionados. Mientras que una sola neurona reticuloespinal tiene amplias conexiones colaterales que se proyectan a múltiples grupos de neuronas motoras, haciéndola más adecuada para manipulaciones gruesas en lugar de finas (133).

De esta manera, se puede desgranar cómo detrás del movimiento de la mano hacia el objeto con el fin de interactuar con él, existe un complejo mecanismo donde no sólo

influyen los aspectos motores del MS, sino también intervienen aspectos motores del tronco y del otro MS, junto con aspectos cognitivos imprescindibles para dar un sentido y propósito al movimiento.

#### ***2.4 Valoración de la funcionalidad del miembro superior en el ictus***

La valoración de la funcionalidad del MS en pacientes con ictus a través de métodos objetivos, cuantificables y validados es una necesidad en la práctica clínica. No sólo con el fin de poder planificar el tratamiento en función de las necesidades del paciente, sino también con el objetivo de evaluar y reevaluar periódicamente los avances en el mismo. Además, poder cuantificar tanto las limitaciones, como las estrategias de compensación de estos pacientes, permite abordar el trastorno motor de una forma más precisa (134).

En contraposición con el miembro inferior, las actividades funcionales de la extremidad superior muestran gran variación de ejecución, ya que no siguen patrones estereotipados como sí pasa en la marcha (134). El movimiento y función del MS implican multitud de mecanismos de control motor que suceden antes, durante, y después de la acción motora (109).

Existe una gran cantidad de test/pruebas para evaluar diferentes aspectos de la funcionalidad del MS, como la motricidad, destreza, fuerza, espasticidad, o función motora. Destacan el *Jebsen Hand Function Test*, el *Nine-Hole Peg Test* (NHPT), el *Block and Box Test* (BBT), la Escala Modificada de Ashworth, el *Fugl-Meyer Assessment* (FMA), el *Action Research Arm Test* (ARAT), el cuestionario *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH), el *Wolf Motor Function Test* (WMFT), el *Arm Motor Ability Test* (AMAT), el *Stroke Upper Limb Capacity Scale*, el *Chedoke Arm and Hand Activity Inventory* (CAHAI) y el *Simple Test for Evaluating Hand Function* (STEF) (135,136).

A través de cuestionarios específicos para evaluar la calidad de vida de los pacientes con ictus se puede determinar la dificultad que tiene la persona en realizar AVD, y por tanto la implicación del MS en ellas. Destacan el Cuestionario de Salud SF-36, el *Health Assessment Questionnaire* o la *Abilhand Scale* (136).

En los últimos años, el uso de herramientas instrumentales de evaluación se ha extendido, ya que, gracias al avance de la tecnología, se elimina el matiz subjetivo, inherente al componente humano del examinador, convirtiéndolas en pruebas

verdaderamente objetivas. Entre ellos destacan los sistemas *VICONmotion System*<sup>®</sup> (137), *CODA System*<sup>®</sup> (138) o *Kinovea*<sup>®</sup> (137).

### 3. Bases conceptuales de las nuevas tecnologías

#### 3.1 Concepto de las nuevas tecnologías (eSalud)

La definición más empleada del concepto de eSalud es la que Eysenbach propuso en el año 2001: “eSalud es un campo emergente en la intersección de la informática médica, la salud pública y los negocios, referido a los servicios sanitarios y la información transmitida o mejorada a través de Internet y las tecnologías relacionadas. En un sentido más amplio, el término representa no sólo un desarrollo técnico, sino también un estado mental, una forma de pensar, una actitud, y un compromiso con un pensamiento conectado, global, para mejorar la sanidad local, regional y globalmente a través del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)” (139).

Según la OMS, es el “uso de las TIC para la salud, cuyo objetivo es mejorar el flujo de información, a través de medios electrónicos, para sustentar la prestación de servicios de salud y la gestión de los sistemas de salud” (140).

En un momento donde la ciencia avanza tan deprisa, se antoja necesario poder conjugar tanto los avances tecnológicos como los nuevos conocimientos de salud. Shaw et al. (141) proponen, a través de la experiencia de profesionales de la salud de diferentes disciplinas, un modelo donde convergen 3 ámbitos diferentes que se superponen entre sí: *la salud en nuestras manos* (uso de tecnologías digitales para supervisar, rastrear e informar), *interactuar para la salud* (uso de tecnologías digitales para facilitar los encuentros comunicativos entre las partes interesadas en el ámbito de la salud), y *datos que permiten salud* (uso de datos para mejorar tanto la salud como los servicios de salud). Este modelo proporciona un marco conceptual que puede ayudar a las personas y organizaciones a desarrollar e integrar iniciativas de eSalud y a transformar los modelos de atención actuales.

Las nuevas tecnologías se han incorporado como una herramienta más en el campo de la neurorrehabilitación durante los últimos años. Debido a la falta de gasto en enfermedades crónicas, y al aumento de la presión de los sistemas de salud, urge la necesidad de progresar hacia nuevos enfoques de tratamiento y dedicar los recursos necesarios a patologías neurológicas, como el ictus (142).

Entre ellas, tecnologías como la robótica, la RV, o sistemas de análisis del movimiento, suponen este nuevo enfoque en el tratamiento de patologías neurológicas (142).

Los avances actuales en el empleo de estas nuevas tecnologías suponen un progreso enorme y revolucionario en el uso de las tecnologías digitales con fines de rehabilitación, debido a los beneficios funcionales y los niveles de compromiso que reciben los pacientes (143).

En concreto la RV, demanda ser una herramienta con un futuro prometedor debido a que cada vez su precio es menor, facilita tratamientos intensivos, favorece la creación de terapias individualizadas para cada paciente, se crean entornos atractivos donde la motivación es esencial, es una terapia segura, de fácil uso, evita la supervisión constante por parte de los profesionales sanitarios, y facilita el análisis del tratamiento (143).

#### **4. Bases conceptuales de la realidad virtual**

##### ***4.1 Concepto de realidad virtual***

Desde la década de los años setenta, cuando comenzó a desarrollarse el concepto de RV, hasta ahora, ha sido necesario poder adaptar la definición a las necesidades y a las posibilidades que proporciona la tecnología.

Se puede definir la RV como la simulación de un entorno real o imaginario creada por un sistema de computación, en el cual el usuario puede tener la impresión de estar y la capacidad de interactuar con los objetos en dicho entorno (144).

Un aspecto fundamental, donde hay que poner el foco cuando hablamos de RV, es la estimulación multisensorial. A través de estímulos visuales, auditivos, táctiles, olfativos, kinestésicos o propioceptivos, se crean experiencias virtuales, donde el usuario participa en dicho mundo virtual en vez de utilizarlo (145).

Actualmente además del campo de la neurorrehabilitación, otras disciplinas como educación, ocio, industria o medicina también se benefician de la RV dado su potencial (144).

##### ***4.2 Características de la realidad virtual***

Tres elementos esenciales conforman los sistemas de RV:

- Simulación. Se relaciona con la capacidad de reproducir los aspectos fundamentales de los objetos, personas o escenarios virtuales, generando al usuario una sensación mayor de realismo. De esta forma se reproduce un mundo artificial llamado ambiente o entorno virtual, caracterizado por una representación geométrica tridimensional (altura, anchura y profundidad). Es necesario que la similitud con lo real sea tanto en tiempo como en espacio, pudiendo provocar una percepción realista del entorno (144,146).
- Interacción. La RV emplea una interacción implícita, es decir, el sistema capta la voluntad del usuario a través de gestos y movimientos, algo que no es aprendido y es totalmente intuitivo. Este proceso se realiza gracias a dispositivos periféricos como acelerómetros, giroscopios, sistemas de infrarrojos y electromagnéticos, guantes o micrófonos, que recogen y registran los movimientos. En función del número de acciones que los sensores capturen el nivel de interacción será mayor o menor (144).
- Inmersión. La percepción está ligada al grado de inmersión y las señales visuales, acústicas, propioceptivas y táctiles que genera la RV, provocando una respuesta o *feedback* sensorial que el usuario recibe (146).

Los dispositivos de salida o efectores son los encargados de transformar las señales informáticas en estímulos para el usuario. Se clasifican en función del sistema sensorial al que se dirigen: dispositivos de visualización (cascos y gafas estereoscópicas, pantallas de proyección), de audio (altavoces), de percepción táctil y cinestésica manual o hápticos (guantes de vibración, neumáticos con cámara de aire, termoeléctricos y exoesqueletos manuales ligeros de resistencia) y cinestésicos (sensores inerciales) (144).

Hoy en día, cómo se proporciona la información visual, es la clave principal para conseguir la máxima inmersión. No es sólo una cuestión de tipo, tamaño y campo de visión de la pantalla, ya que se puede conseguir mayor grado de inmersión añadiendo otros inputs sensitivos como auditivos o táctiles (145).

### 4.3 Tipos de realidad virtual

Dependiendo del tipo de interfaz y el grado de inmersión se diferencian tres tipos de RV:

#### 4.3.1 Realidad virtual inmersiva

El usuario se sumerge de una forma total en el entorno de RV. Los dispositivos periféricos (cascos, gafas, guantes o cabinas), permiten al usuario recibir tal cantidad de estímulos sensoriales que cambia perceptivamente el mundo exterior por otro simulado. El acceso a estos dispositivos es cada vez más fácil debido al abaratamiento de su precio. Los principales que se encuentran en el mercado son: las gafas Oculus Rift®, Samsung Gear VR® (Figura 2) (usadas en estudios con Enfermedad de Parkinson o lesión medular) o las adaptaciones para incorporar un *smartphone* y usarlo como gafas (144,146).



Figura 2. Gafas Oculus Rift® y Samsung Gear VR® Fuente:  
[https://es.differbetween.com/article/difference\\_between\\_oculus\\_rift\\_and\\_samsung\\_gear\\_vr](https://es.differbetween.com/article/difference_between_oculus_rift_and_samsung_gear_vr)

Quizás uno de los dispositivos que consigue mayor grado de inmersión son las consolas tipo PlayStation VR®, sus mandos PlayStation Move®, el casco PS VR®, y la PlayStation Camera® (Figura 3). Se llega a alcanzar una visión de 360 grados, dispone de una pantalla OLED personalizada, audio 3D permitiendo localizar la procedencia y la distancia de los sonidos de alrededor, y micrófono integrado para poder interactuar con otros usuarios de forma online. Sus mandos inalámbricos DUALSHOCK 4 facilitan participar desde cualquier ángulo (147).



Figura 3. PlayStation VR® y sus accesorios. Fuente: <https://www.playstation.com/es-es/ps-vr/accessories/>

#### *4.3.2 Realidad virtual semi-inmersiva de primera persona*

También llamada RV semi-inmersiva de proyección. Se emplean dispositivos como mesas estereoscópicas y las CAVE (*Computer Automatic Virtual Environmet*), donde a través de un sistema triple de proyección de imágenes en pantallas se genera una cabina de RV (144).

Este tipo de dispositivos comenzaron a usarse en la década de los noventa, y han ido incrementando sus prestaciones, hasta por ejemplo compartir el entorno virtual entre múltiples usuarios. No desconectar completamente al usuario del mundo real y poder verse el propio cuerpo disminuye las posibilidades de náuseas. En comparación con la RV inmersiva, esta evita ciertas consecuencias de aislarse por completo del mundo real, ya que en ese caso la sensación puede llegar a ser altamente intrusiva y desorientadora (148).

#### *4.3.3 Realidad virtual semi-inmersiva de segunda persona*

Este tipo de RV tampoco aísla completamente al usuario del mundo real, pero se introduce en el entorno virtual gracias a una representación de su propio cuerpo o de parte de él, denominado identidad virtual o avatar. Para poder captar los movimientos de esta representación, se necesitan dispositivos adicionales (144).

Una revisión reciente sugiere que la RV semi-inmersiva de segunda persona es la más empleada en pacientes que han sufrido un ictus (149).

En el año 2001 se empezó a usar el sistema IREX® (*Interactive Rehabilitation Exercise*) de GestureTek Health®, empleándose en el tratamiento del

equilibrio, el control de la motricidad fina o el reentrenamiento de la marcha en pacientes con ictus (150).

En 2004, Sony PlayStation® II fueron pioneros con su dispositivo periférico EyeToy. Una cámara USB detecta el movimiento del cuerpo del usuario y permite interactuar con la imagen especular que se devuelve a la pantalla. Dispone de 12 juegos, y permite interactuar con hasta 4 usuarios más (147).

Posteriormente en 2006, se une al mercado la consola Wii® de Nintendo. Lo que le diferencia de otras es su mando Wii Plus®, ya que contiene un sensor de movimiento integrado con 3 acelerómetros y transfiere los datos de forma inalámbrica a una barra de sensores. Otro accesorio de esta consola es la Wii Balance Board®, que combina la tecnología actual de una plataforma de fuerza con la práctica o entrenamiento de ciertas actividades físicas (a través de los juegos Wii Fit Plus®). Esta plataforma, aunque lógicamente fue diseñada para ser utilizada por personas sanas en sus propios domicilios con fines de salud y acondicionamiento físico, es utilizada por fisioterapeutas y médicos de diferentes disciplinas en su práctica clínica (151–153) (Figura 4).



Figura 4. Nintendo Wii® y el accesorio Wii Balance Board™

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Wii>

Microsoft, en 2010, comercializa el sensor de movimiento Kinect® como accesorio para la consola Xbox® 360. Consta de sensores infrarrojos capaces de almacenar datos sobre el usuario y los relaciona calculando su tamaño con relación al espacio donde se encuentra. Gracias a su cámara RGB es capaz de realizar tanto reconocimiento facial como corporal, pudiendo diferenciar hasta 48 puntos del cuerpo humano y 20 articulaciones distinguiendo entre objetos y personas. Además, incorpora micrófonos que detectan diferentes voces y

son capaces de extraer el sonido ambiental. Una de las ventajas de este sistema es que permite que el propio cuerpo del usuario se use como control remoto, mediante comandos de voz y movimientos, haciendo de este tipo de interfaz un sistema de fácil manejo e interpretación para el usuario (144).

Unos años después, en 2013, se lanzó una versión más perfeccionada de la consola de Microsoft, la Xbox<sup>®</sup> One y su accesorio Kinect<sup>®</sup> 2.0 (Figura 5). Es diez veces más potente que su predecesora, mejorando la resolución de la imagen (distancia máxima y mínima de profundidad, grados en el campo de visión vertical y horizontal o definición de las articulaciones) sonido y la posibilidad de reproducir en 4K (154).

Su uso se ha implementado como complemento en la rehabilitación neurológica para la mejora de la coordinación y equilibrio (155,156), la marcha (156–158) o la función motora de las extremidades superiores (159,160), tanto en adultos como en niños.



Figura 5. Xbox<sup>®</sup> One y el accesorio Kinect<sup>®</sup> 2.0

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Xbox\\_One](https://es.wikipedia.org/wiki/Xbox_One)

También en 2013, apareció Leap Motion Controller<sup>®</sup> (LMC<sup>®</sup>), un dispositivo de rastreo, fácilmente portátil, económico y comercialmente disponible, que puede capturar movimientos de extremidades superiores en 3D, sin la necesidad de marcadores de movimiento (161,162).

LMC<sup>®</sup> usa dos cámaras y 3 diodos emisores de luz infrarroja (LED, longitud de onda de 850nm) para rastrear la posición de la palma de la mano, la orientación de la muñeca y los cinco dígitos. Gracias a sus lentes de gran

angular, el dispositivo presenta un gran espacio de interacción de ocho pies cúbicos, que toma la forma de una pirámide invertida. El dispositivo ilumina la zona de cobertura mediante una luz infrarroja emitida a través de sus tres LED. Cuando un objeto (las manos) es iluminado, se produce una reflexión de luz que llega al dispositivo e incide sobre las lentes de las dos cámaras. Estas lentes, de tipo biconvexas, concentran los rayos en el sensor de cada cámara; y los datos recogidos por los sensores se almacenan en una matriz (imagen digitalizada) en la memoria del controlador USB, en donde se realizan los ajustes de resolución adecuados. Una vez ajustada la resolución, los datos de los sensores se envían directamente al dispositivo instalado en el ordenador. Por último, las imágenes de las dos cámaras llegan al dispositivo y son analizadas para identificar las manos y los dedos a partir de un modelo matemático de caracterización anatómico. Gracias a un algoritmo matemático se consigue un efecto de profundidad en la pantalla (163,164) (Figura 6).

LMC<sup>®</sup> presenta importantes ventajas frente a otros dispositivos: su coste es un 75% menor que consolas como Xbox<sup>®</sup> One o Wii<sup>®</sup> de Nintendo. Su portabilidad es tremendamente sencilla ya que sus dimensiones son pequeñas (75 mm de largo, 25 mm de ancho y 11 mm de alto), pudiendo ser utilizado en el domicilio del propio paciente. Únicamente se necesita un ordenador portátil, siendo su montaje y configuración fácil y rápida. Además, tiene la posibilidad de crear aplicaciones de adquisición personalizada gracias al kit de desarrollo de software (KDS) (163–165).

Otros usos del dispositivo LMC<sup>®</sup> son el reconocimiento gestual o el lenguaje de signos, o su implementación junto con las gafas Oculus Rift<sup>®</sup> como herramienta en la mejora del conocimiento y la confianza en sí mismos de los médicos residentes de cirugía, durante simulaciones quirúrgicas (166–168).



Figura 6. Dispositivo Leap Motion Controller®. Fuente: Ultraleap (150)

En 2017, Nintendo sacó al mercado Nintendo Switch®, una consola portátil e híbrida que permite al jugador utilizarla, bien como una *tablet*, o bien conectada a un televisor. Consta de dos controladores, los Joy-Con®, los cuales se pueden usar conectados a la unidad principal de la consola o de forma inalámbrica. (169) (Figura 7).

Del mismo modo que los anteriores dispositivos, esta consola también se ha empleado en el campo de la neurorrehabilitación, tanto con fines motores como cognitivos (170).



Figura 7. Nintendo Switch® y los controladores Joy-Con®.

Fuente: <https://www.nintendo.es/My-Nintendo-Store/Consolas/Consolas-1886994.html?f=152904-2431-56906>

#### 4.3.4 Realidad virtual no inmersiva

A través de un monitor el usuario observa un entorno virtual 3D e interacciona con él mediante un mando, un ratón o un joystick. Es el sistema más sencillo y de menor coste de todos (aunque el precio de los dispositivos periféricos encarece el producto final). Una de las disciplinas que se beneficia de esta RV

es la neuropsicología, ya que se emplea para desarrollar capacidades cognitivas, funciones ejecutivas, trabajo visuoespacial, memoria o lenguaje. También se conoce como RV de ventanas o de escritorio (144).

## **5. Realidad virtual y videojuegos (*serious games*) en programas de rehabilitación para el ictus**

Aunque no existe una definición oficial del término, se denomina *serious games* a aquellos juegos cuyo propósito principal no es el entretenimiento, sino la educación o el entrenamiento/rehabilitación motora. La utilización de este concepto se emplea en diferentes áreas como: educación, entrenamiento militar, o en lo referente a la salud. Inherente a este concepto, surge otro como es la plataforma o equipo, haciendo referencia al hardware con el que los *seriuos games* se pueden llevar a cabo (los diferentes tipos de consolas o dispositivos nombrados anteriormente) (171).

A pesar de que la aplicación de RV en el campo de la neurorrehabilitación sea relativamente nueva, ya se evidencian aspectos positivos o ventajas de su uso. Estos sistemas permiten repetir tareas funcionales orientadas a un objetivo en concreto, por ejemplo, entrenando específicamente el equilibrio, la marcha, el control postural o la funcionalidad del MS. La posibilidad de modificar ciertos parámetros facilita la progresión y aprendizaje del paciente, basándose en el concepto de “repetir sin repetir”. Además, la tarea a desarrollar se puede realizar de forma global, o bien desgranándola por partes, pudiendo incidir más en los aspectos que interesen (146).

Un concepto clave que define el uso de la RV es la capacidad para generar inputs sensoriales. Aunque la retroalimentación sensorial que percibe el paciente es fundamentalmente gracias al *feedback* visual, ya que la información que se recibe del entorno virtual es proporcional a la velocidad del estímulo visual percibido, otros inputs somatosensoriales y vestibulares también participan de forma notable. La suma de todos los estímulos sensoriales provoca la necesidad de generar mecanismos posturales anticipatorios y estrategias de compensación para desempeñar la tarea, desarrollando un aprendizaje motor basado en ensayo y error (146).

El uso de sistemas de RV semi-inmersivos activan bilateralmente áreas de la corteza cerebral prefrontal, encargadas de las tareas relacionadas con el control postural y el equilibrio. También durante la visualización del acto motor, parecen activarse redes

neuronales de la corteza motora primaria y áreas motoras secundarias (corteza premotora, motora suplementaria y parietal). Incluso la imitación de programas motores en entornos virtuales aumenta la activada cortical relacionada con la programación y procesamiento motor. De esta manera se produce el aprendizaje de la actividad motora (144).

Existen cuatro premisas necesarias para que se produzca el aprendizaje y reaprendizaje motor, produciendo así cambios en la arquitectura neuronal: la terapia ha de basarse en actividades funcionales, se deben hacer de forma repetida, han de ser recompensadas y, por último, realizadas a lo largo del tiempo (144).

Quizás el aspecto de la motivación es primordial a la hora de hablar de RV en el campo de la neurorrehabilitación. El uso de *seriuos games*, hace que el paciente con ictus perciba la terapia con cierto componente lúdico, aspecto fundamental para conseguir adherencia al tratamiento y que el paciente participe de forma activa en el mismo. Alcanzar ambientes divertidos, relajados y a un coste asequible que consigan captar la atención, fuera de un entorno clínico aburrido, aumentará la motivación del paciente para su recuperación. La práctica con videojuegos repercute en la activación de vías dopaminérgicas mesolímbicas, creando un circuito de recompensa a nivel cerebral (146,172).

También permite la monitorización de las respuestas cerebrales y fisiológicas, pudiendo estudiar más exhaustivamente cómo el uso de RV potencia la reorganización y plasticidad cerebral (173).

Según datos de la SEN, el 72% de las altas hospitalarias de pacientes con ictus son traslados a los domicilios, un 13% exitus, un 9% traslado a otro hospital por la gravedad y complicaciones, un 5% se traslada a un centro socio-sanitario, y el 1% restante solicita el alta voluntaria (8). Asimismo, el número de fisioterapeutas en los servicios de rehabilitación en el sector público en nuestro país (0,1 profesional / 1000 habitantes), está muy por debajo de los datos que recomienda la OMS (1 profesional / 1000 habitantes) (174). Teniendo en cuenta este escenario, existe un gran número de pacientes que se podrían beneficiar de terapias desarrolladas en el propio domicilio. En consecuencia, al ser la mayoría de los dispositivos portátiles y de un coste asequible, se postulan como una herramienta admitida en programas de telerrehabilitación (146).

El uso de *seriuos games* en pacientes con ictus se puede complementar o no con terapia física convencional. Incluso en ocasiones se ha concluido que, en situaciones en

las que el paciente no tiene un acceso fácil a la terapia convencional, la RV puede ser una buena alternativa de tratamiento (175).

Laver et al. (176) en su revisión sistemática con más de 72 artículos y más de 2400 pacientes con ictus, indica que la RV puede ser beneficiosa para mejorar la función de las extremidades superiores y las AVD cuando se utiliza como complemento de la atención habitual (principalmente con el fin de aumentar el tiempo total de la terapia).

Los pacientes con ictus se pueden beneficiar del uso de RV no solo para tratar aspectos relacionados con el equilibrio y la marcha (177), sino también para valorar parámetros cinemáticos de estos aspectos relacionados con las caídas (178).

Además del uso de videojuegos como herramienta de rehabilitación motora, existen videojuegos utilizados en la rehabilitación neuropsicológica del paciente con ictus, que desarrollan entrenamientos cognitivos, habitualmente de memoria o atención (179).

Referente a la funcionalidad del MS, Proença et al. (171), exponen en su revisión sistemática que el uso de *seriuos games* parece tener una influencia positiva y demostrable en la mejora de la función del MS, pero esta mejoría no se correlaciona de forma sistemática y clara con ningún enfoque en particular, es decir, ninguna opción se ha impuesto como norma a seguir por encima del resto.

Según datos vertidos en una revisión de la Cochrane (180), se sugiere que la RV puede ser eficaz en el tratamiento del MS en población con ictus. Sin embargo, la aplicación clínica dependerá de detalles específicos relacionados con el paciente y/o con el entorno, además de requerir un razonamiento y juicio clínico profesional. Asimismo, se invita a realizar ECA a gran escala para poder confirmar los beneficios de la RV en estos pacientes.

Por el contrario, como toda terapia también presenta inconvenientes y limitaciones. Uno de los principales problemas es que la mayoría de los videojuegos empleados en la rehabilitación de pacientes con patología neurológica, incluido el ictus, no son juegos diseñados ad hoc sino los ofertados por las empresas destinados al entretenimiento y, por tanto, su uso es limitado. Además, algunos interfaces o dispositivos periféricos son de difícil manejo para estos pacientes, por lo que se antoja necesario buscar opciones más sencillas y que no alteren por ejemplo ni el tono muscular ni provoquen alteraciones de movimiento en las extremidades (144,146).

Otro inconveniente es que se han descrito algunos efectos secundarios o *ciber-molestias* según indican algunos autores, como dolor de cabeza, náuseas, desequilibrios, desorientación o dolores posturales tras el uso de RV. Para paliar o mitigar estos efectos, y comprobar que la terapia se realiza correctamente, se aconseja la presencia de un profesional en las primeras sesiones hasta comprobar que no existen problemas derivados de su uso. Estos problemas aparecen en mayor medida y gravedad cuanto más inmersivo sea el entorno virtual. Se piensa que se genera un conflicto entre la información sensorial y espacial. Existe un escaso acondicionamiento entre el sistema visual, vestibular y postural. El paciente recibe señales de movimiento, pero el sistema vestibular percibe que no hay ni cambio postural ni movimiento (181).

Las actualizaciones continuas requeridas de los softwares, ya que la ingeniería avanza a un ritmo veloz, suponen también una limitación.

Se necesita, además, más información acerca de la frecuencia, intensidad o dosis adecuadas y una mayor formación por parte de los profesionales, para acercar este tipo de terapias a la población (146).

Los dispositivos más utilizados, en la mejora funcional del MS, son la consola Wii® con los juegos Wii Fit Plus® y la consola Xbox® 360 con su accesorio Kinect®. A pesar de los inconvenientes que presentan al ser instrumentos de uso comercial para la población general, ambas han demostrado ser potencialmente eficaces en el tratamiento del MS en la población con ictus, aunque se necesitan más investigaciones a largo plazo (182). No existe conformidad con el tiempo de terapia, pero en un intento de protocolo en el uso del dispositivo Wii®, se estimó que el tiempo idóneo serían 45 minutos durante un periodo de 6 semanas (153).

Igualmente, el sensor LMC® se postula como una herramienta capaz de usarse de modo ambulatorio con fines terapéuticos en pacientes con ictus (183) (Anexo 1). Su uso no solo es efectivo en combinación con otras terapias (184–186), sino también como única forma de tratamiento (187–189). Los ensayos hasta la fecha enfatizan en pacientes con ictus en fase aguda y subaguda (184,185,187–189), requiriéndose, por tanto, más investigaciones en pacientes crónicos (186) ya que tras las recientes estimaciones de nuevos casos, se necesitarán nuevas herramientas de tratamiento que satisfagan las necesidades de estos pacientes.

Según estos estudios con LMC<sup>®</sup>, el tiempo de tratamiento más consensuado es de aproximadamente 30 minutos (aunque autores proponen 20 minutos y otros hasta 45), con un número de sesiones de entre 9 y 20, y por ahora, falta concretar si los prometedores resultados perduran en el tiempo, ya que no se han hecho valoraciones de seguimiento para comprobarlo (184–189).

Tal vez, es importante saber que todos estos sistemas tienen que estar adaptados para proporcionar una alta fiabilidad y un seguimiento cinemático en tiempo real del movimiento del MS.

Proporcionar a los profesionales sanitarios un seguimiento, en tiempo real y remoto de la calidad del movimiento y no sólo de la cantidad de práctica, es esencial para obtener una mejor comprensión de las necesidades y dificultades de cada paciente y administrar así la cantidad y calidad de terapia adecuada. La capacidad de traducir el movimiento terapéutico del MS en ejercicios y juegos calibrados individualmente permite adecuar la extensa variedad de dificultades de movimiento que se observan tras un ictus. Además, la capacidad de ajustar estas actividades (en términos de velocidad, amplitud de movimiento y duración) ayudará a la motivación y la adherencia, cuestiones clave en la rehabilitación (190).

La literatura científica muestra un gran abanico de opciones en el uso de RV en la mejora de la función del MS en pacientes con ictus. Pero, aun así, el campo de la neurorrehabilitación adolece de protocolos validados de tratamiento, debido en parte a la falta de tecnología específica para pacientes con patología neurológica como es el ictus. De este modo, surge la necesidad de especificar parámetros como tiempo de intervención, medidas de resultado, intensidad, o efectos a corto, medio y largo plazo, en comparación con la terapia convencional.



# **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**



## JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El ictus es una patología del sistema nervioso, que se caracteriza por el desarrollo rápido de signos de afectación neurológica focal que duran más de 24 horas o llevan a la muerte (1). Informes recientes lo catalogan de emergencia clínica, debido a las previsiones de un aumento progresivo de nuevos casos en los próximos años, sumado a la carga sanitaria, personal, familiar y social que conlleva (7).

Las alarmantes estimaciones de nuevos casos de ictus en Europa (un 34% entre 2015 y 2035), y el constante aumento de la tasa de prevalencia (actualmente un 1,7%), suponen un reto cada vez mayor para una sociedad que necesita dar respuesta a las necesidades a largo plazo de los supervivientes de ictus (7).

Aproximadamente la mitad de las personas que sufren un ictus tienen afectación crónica del MS, repercutiendo directamente en su calidad de vida (75). La aparición de déficits motores, la falta de fuerza muscular y destreza, o alteraciones musculares como la espasticidad, son aspectos de funcionalidad del MS comunes en estos pacientes (31,32).

Estos procesos crónicos, requerirán tratamiento y cuidados a largo plazo por la discapacidad funcional que conllevan (33,51). Sabiendo que el proceso de aprendizaje continua también en fase crónica (62), es necesario que los pacientes sigan teniendo acceso a programas y servicios de rehabilitación durante esta fase, mientras existan objetivos funcionales que alcanzar, con el fin de promover su independencia y participación en la sociedad (51).

Además de los problemas funcionales que supone el ictus, la falta de motivación es común en procesos de rehabilitación a largo plazo. La motivación juega un papel fundamental en cuanto al efecto del tratamiento, no dependiendo exclusivamente de los esfuerzos clínicos, sino también de la participación activa, la voluntad y la satisfacción del paciente, influyendo del mismo modo en la adherencia al tratamiento (143,146,172).

En los últimos años, las nuevas tecnologías han irrumpido con fuerza en el campo de la neurorrehabilitación, considerándose actualmente una herramienta más. La RV se extiende cada vez más en los centros de rehabilitación, ya que su precio es más asequible, es una terapia segura y de fácil uso, permite tratamientos intensivos e individualizados, facilita la simulación e interacción en diferentes entornos, y posibilita el seguimiento objetivo del tratamiento (144).

La RV no solo se usa cada vez más como una herramienta que facilita el aprendizaje y el entrenamiento (144), sino también por la capacidad motivacional inherente que presenta. Este rasgo común en todos los estudios de RV en ictus, se traduce en que los pacientes no tienen la sensación de realizar un tratamiento convencional, añadiendo así un aspecto lúdico a la terapia difícil de conseguir con otras técnicas (172).

LMC<sup>®</sup> es un dispositivo de RV semi-inmersiva, que rastrea y recoge el movimiento de antebrazo, muñeca y mano en 3D, no necesita el uso de marcadores de movimiento, es económico, portátil y comercialmente disponible (161–165). Su uso es reciente en el campo de la neurorrehabilitación, y se ha focalizado en la mejora de aspectos de la funcionalidad del MS en pacientes con afectación neurológica, entre ellos el ictus (184–189).

A pesar de su aplicación en esta patología, el número de ECA en pacientes crónicos con ictus es limitado, y la escasez de juegos específicos de fácil adquisición hacen difícil su aplicación. Además, debido a la heterogeneidad de la literatura publicada, existe una falta de consenso en el protocolo de uso del LMC<sup>®</sup>, siendo necesario determinar la intensidad de la terapia, la dosis de tratamiento, el tipo de juegos o las características de la intervención (183).

Por lo tanto, el futuro incremento de casos de ictus, las consecuencias que provoca en la calidad de vida de estas personas, la elevada carga que supone su tratamiento, y la falta de estudios específicos del uso del LMC<sup>®</sup> en población crónica, justifica la realización de este estudio para implementar este dispositivo en nuevos enfoques de tratamiento, con el fin de que los pacientes crónicos, puedan continuar la terapia de forma efectiva y motivante.

# **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**



## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1. Hipótesis del estudio

Las hipótesis planteadas en el estudio fueron:

1. La aplicación de un tratamiento mediante RV semi-inmersiva, a través del dispositivo LMC<sup>®</sup>, como herramienta complementaria al tratamiento convencional, mejoraría la funcionalidad del MS a través de la fuerza de agarre, la destreza y la función motora, en pacientes con ictus crónico.
2. La aplicación de un tratamiento mediante RV semi-inmersiva, a través del dispositivo LMC<sup>®</sup>, como herramienta complementaria al tratamiento convencional, disminuiría el grado de espasticidad del MS, en pacientes con ictus crónico.
3. La aplicación de un tratamiento mediante RV semi-inmersiva, a través del dispositivo LMC<sup>®</sup>, como herramienta complementaria al tratamiento convencional, mejoraría los niveles de calidad de vida, en pacientes con ictus crónico.
4. La aplicación de un tratamiento mediante RV semi-inmersiva, a través del dispositivo LMC<sup>®</sup>, como herramienta complementaria al tratamiento convencional, suscitaría altos niveles de satisfacción, en pacientes con ictus crónico.
5. La aplicación de un tratamiento mediante RV semi-inmersiva, a través del dispositivo LMC<sup>®</sup>, como herramienta complementaria al tratamiento convencional, alcanzaría altos niveles de adherencia, en pacientes con ictus crónico.

### 2. Objetivo principal

El objetivo principal del presente estudio fue valorar la efectividad del sistema LMC<sup>®</sup> en un protocolo de RV semi-inmersiva, como complemento a un tratamiento de rehabilitación convencional, en la mejora de la funcionalidad del MS a través de la fuerza de agarre, la destreza y la función motora, en pacientes con ictus crónico, en comparación con un grupo de tratamiento convencional. Las medidas de resultado empleadas fueron un dinamómetro Jamar<sup>®</sup>, el *Block and Box Test* (BBT), el *Action Research Arm Test* (ARAT), y el Cuestionario *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH), respectivamente.

### 3. Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios fueron:

1. Evaluar los cambios sobre la espasticidad del MS en pacientes con ictus crónico, mediante la Escala Modificada de Ashworth, tras un tratamiento combinado de terapia convencional junto con un protocolo de RV semi-inmersiva con el sistema LMC<sup>®</sup>, en comparación con un grupo de tratamiento convencional.
2. Determinar si existen cambios sobre la percepción de la calidad de vida, en pacientes con ictus crónico, a través del Cuestionario de Salud (SF-36) tras un tratamiento combinado de terapia convencional junto con un protocolo de RV semi-inmersiva con el sistema LMC<sup>®</sup>, en comparación con un grupo de tratamiento convencional
3. Evaluar el grado de satisfacción de los pacientes crónicos con ictus, sobre el tratamiento combinado de RV semi-inmersiva con el sistema LMC<sup>®</sup>, a través del Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología (escala tipo Likert).
4. Comparar el grado de adherencia al tratamiento entre los pacientes con ictus crónico, que realizaron tratamiento convencional y los que realizaron terapia combinada de RV semi-inmersiva con el sistema LMC<sup>®</sup>.

# **PACIENTES Y MÉTODOS**



## PACIENTES Y MÉTODOS

### 1. Diseño del estudio

Se expone un ECA simple ciego con seguimiento, para valorar la efectividad del sistema LMC® en la mejora de la funcionalidad del MS en personas con ictus crónico, en comparación con un grupo de tratamiento convencional. Para garantizar la calidad metodológica del estudio, fue seguida la lista de verificación *CONsolidated Standards Of Reporting Trials* (CONSORT) (191) (Anexo 2). Asimismo, el presente trabajo fue registrado en *Clinical Trials* (NCT04166617).

### 2. Procedimientos éticos

De acuerdo con la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, se preservó la confidencialidad de los datos durante todo el proceso. Únicamente se solicitaron los datos personales necesarios para alcanzar los objetivos del estudio, y ninguno de ellos fue revelado a ninguna persona externa a la investigación.

El presente estudio obtuvo el informe favorable del Comité de Ética de Investigación de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) (Anexo 3) y siguió los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki adoptada en la 18ª Asamblea de la Asociación Médica Mundial (AMM) (Helsinki, Finlandia, Junio 1964), modificada en la 52ª Asamblea General (Edimburgo, Escocia, Octubre 2000), con nota de clarificación del párrafo 29 (Asamblea General de la AMM, Washington, USA 2002), nota de clarificación del párrafo 30 (Asamblea General de la AMM, Tokio 2004) y última versión revisada en la 64ª Asamblea General de la Asociación Médica Mundial realizada en Fortaleza (Brasil) en octubre 2013.

A todos los participantes incluidos en el estudio se les informó del protocolo de tratamiento, objetivos, riesgos, así como la posibilidad de interrumpir su participación en cualquier momento. Además, fue requisito indispensable la aceptación voluntaria mediante la firma en la hoja de consentimiento informado (Anexo 4).

### **3. Selección y características de la muestra**

#### ***3.1 Estimación del tamaño muestral***

El tamaño del efecto estimado para las principales medidas de resultado establecidas en el presente trabajo fue de 0,30. Considerándose una potencia de la prueba estadística de 0,95; un error alfa de 0,05; una correlación entre las mediciones repetidas de 0,5 (dos grupos, tres mediciones); un coeficiente de corrección de esfericidad de 1 y un porcentaje de pérdidas del 20%; resultando de un tamaño muestral de mínimo 36 participantes para el desarrollo del presente estudio, según el Software G\*power (versión 3.1.7).

#### ***3.2 Elección de la muestra***

Se solicitó la participación voluntaria de pacientes con ictus crónico con afectación de la función motora del MS. Los sujetos fueron reclutados en diversos centros privados de rehabilitación neurológica de la Comunidad de Madrid.

Se realizó el procedimiento para la selección de los sujetos mediante un muestreo no probabilístico de casos consecutivos de aquellos pacientes que cumplieron los criterios de inclusión.

#### ***3.3 Criterios de inclusión y exclusión de los pacientes***

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Diagnóstico confirmado de ictus crónico (más de 6 meses de evolución).
- Edad superior a 18 años sin presentar límite superior de edad.
- Sujetos de ambos sexos.
- Capacidad de mantener la sedestación independiente, sin apoyo posterior.
- Afectación motora del MS con una puntuación igual o superior a 16 en la escala de Fugl-Meyer de la extremidad superior (Anexo 5).

Los sujetos fueron descartados cuando no cumplieron alguno de los criterios anteriormente citados, o cuando cumplieron algunos de los siguientes criterios de exclusión:

- Diagnóstico añadido de otras patologías que limiten el desempeño ocupacional.
- Deterioro cognitivo que afecte a la capacidad de comprensión del lenguaje para el seguimiento de las instrucciones (puntuación en el test Mini-Mental menor a 24).
- Afasia sensitiva.
- Alteraciones visuales no corregibles con dispositivos oculares.
- Antecedentes de epilepsia por uso de videojuegos.

#### **4. Aleatorización, procedimiento de actuación y recogida de datos**

Tras la selección y aceptación para formar parte del estudio, los pacientes fueron distribuidos en dos grupos, grupo control (GC) y grupo experimental (GE) de forma aleatoria. La aleatorización se realizó a través de la selección cegada de una papeleta dentro de un sobre, por parte de los pacientes. La papeleta marcada con una X significaba pertenecer al GE y la papeleta en blanco, en el GC.

Ambos grupos realizaron tanto las evaluaciones como el tratamiento en sus respectivos centros de rehabilitación neurológica de la Comunidad de Madrid. (Figura 8).



Figura 8. Sala de tratamiento del centro NeuroAvanza (Madrid)

Tras comprobar que los pacientes cumplían todos los criterios de inclusión, se elaboró una hoja de registro, anotando sus datos personales y clínicos (edad, sexo, tiempo de evolución, tipo de ictus y lado afecto).

Los dos grupos realizaron tres valoraciones, todas ellas llevadas a cabo por el mismo examinador, cegado para el grupo de asignación: pre-tratamiento (al inicio de la intervención), pos-tratamiento (al finalizar la intervención) y una última de seguimiento (a las 4 semanas de haber finalizado la intervención). Todos los pacientes realizaron tanto las evaluaciones como la intervención en su centro de origen.

En todas las valoraciones se pasaron las mismas escalas, cuestionarios y test (valoración de la fuerza de agarre, BBT, ARAT, DASH, Escala Modificada de Ashworth, y SF-36), excepto en el pos-tratamiento que se incluyó un cuestionario de satisfacción con la tecnología y se contabilizó la adherencia al tratamiento.

Los participantes del GC realizaron un protocolo de tratamiento de fisioterapia convencional, y los del GE, un protocolo combinado de RV con el dispositivo LMC<sup>®</sup> junto a la terapia convencional.

Todos los participantes, de ambos grupos, recibieron 2 sesiones de tratamiento a la semana de 60 minutos de duración durante 8 semanas, resultando un total 16 sesiones siendo, por tanto, el mismo número de sesiones y el tiempo de tratamiento igual en ambos grupos.

#### ***4.1 Fisioterapia convencional***

El GC realizó sesiones individuales de 60 minutos de duración de fisioterapia convencional. Se elaboró un protocolo de fisioterapia, y fue consensuado con todos los centros de rehabilitación que participaron en el ensayo. Dicho protocolo constó de movilizaciones articulares del MS, modulación del tono muscular del MS, fortalecimiento y estiramientos de la musculatura del MS, y ejercicios enfocados a mejorar el control motor y tareas funcionales del MS (Figuras 9 y 10).

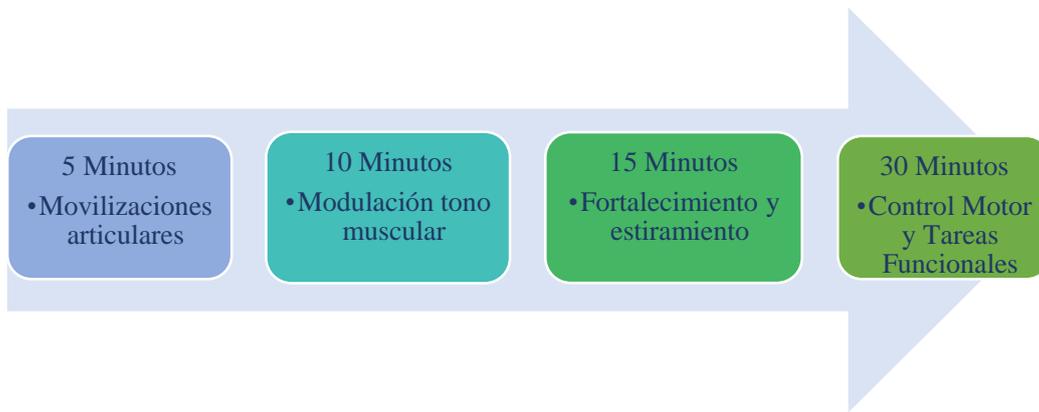


Figura 9. Esquema del protocolo de tratamiento del grupo control



Figura 10. Paciente del grupo control realizando tareas funcionales del protocolo de fisioterapia convencional

#### ***4.2 Programa de realidad virtual como herramienta complementaria al programa de fisioterapia convencional***

El GE realizó sesiones individuales de 60 minutos de duración. Los primeros treinta minutos estaban dedicados al tratamiento de fisioterapia convencional y los siguientes treinta minutos a un programa de RV con el dispositivo LMC<sup>®</sup>. Este grupo siguió el mismo protocolo de fisioterapia convencional que el GC, difiriendo únicamente en el tiempo dedicado a cada ejercicio (Figura 11).

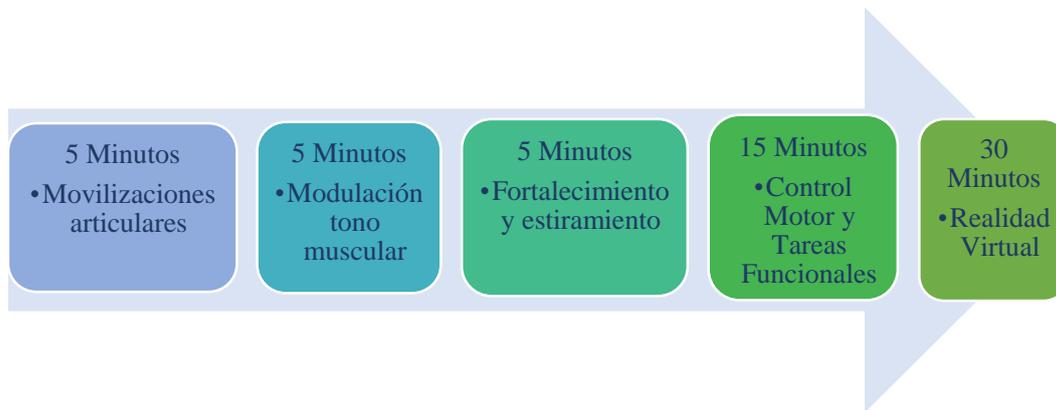


Figura 11. Esquema del protocolo de tratamiento del grupo experimental

El material empleado durante el periodo de RV fue el dispositivo LMC<sup>®</sup>, y diferentes ordenadores portátiles (HP Pavilion Laptop 14-ce3xxx; Dell Latitude E6320; LENOVO 80QQ) (Figura 12).



Figura 12. Leap Motion Controller<sup>®</sup> y ordenador portátil empleados durante el periodo de realidad virtual

El entorno virtual empleado en el estudio está formado por cuatro juegos diseñados específicamente para pacientes con ictus, por un grupo de ingenieros del Laboratorio de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid por medio del software Unity3D Game Engine. Todos ellos tienen como finalidad la mejora de la funcionalidad del MS, a través de movimientos que con frecuencia en esta población aparecen alterados, como la estabilidad proximal de la cintura escapular, todos los movimientos que involucran a la articulación del hombro, la flexo-extensión del codo, la pronosupinación del antebrazo, la flexo-extensión de los dedos y la prensión palmar.

A continuación, se presentan las características de cada uno de los cuatro juegos utilizados (Figura 13):

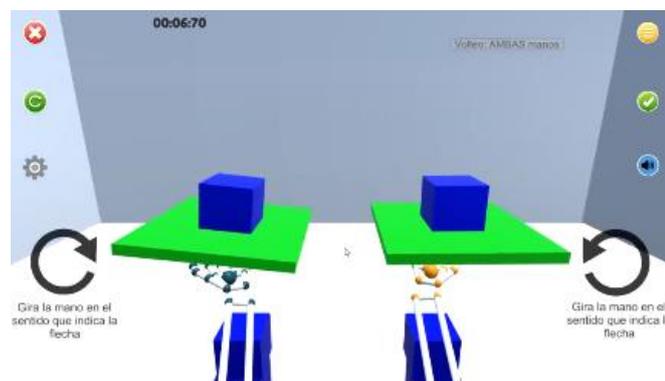
- Alcance. A través de objetos reconocibles/familiares, en este caso diferentes tipos de frutas, se proponía al paciente realizar un movimiento de alcance hasta llegar a tocarlas. Todos los objetos estaban situados a diferentes alturas y profundidades, y el paciente tenía que alcanzar la fruta que cambiaba de color. Tras alcanzarla, esta desaparecía, y otra nueva cambiaba de color (Figura 13a).
- Secuencia. En este caso, las frutas cambiaban de color en series de tres y el paciente tenía que memorizar esta secuencia, para posteriormente alcanzarlas en ese mismo orden. Tras realizar el movimiento de alcance necesario, las frutas alcanzadas caían al suelo, y a continuación se iniciaba otra secuencia diferente. Al igual que el juego anterior, los objetos se situaban a diferentes profundidades y alturas. En este caso, se introduce un aspecto cognitivo a la terapia, requiriendo más atención por parte del paciente (Figura 13b).
- Volteo. Se proponía al paciente sostener una bandeja, imitando a un camarero, en la se necesitaba realizar un movimiento de supinación del antebrazo para que un cubo caiga sobre ella, y seguidamente arrojarlo al suelo gracias a un movimiento de pronación (Figura 13c).
- Apertura/cierre. Este juego animaba al paciente a simular movimientos de agarre. Primero se seleccionaba qué movimiento se quería realizar, apertura o cierre de la mano, y el porcentaje necesario para que el sistema lo diese por correcto, en función de las dificultades particulares de cada paciente. Después se colocaba la mano en el campo de reconocimiento del dispositivo, y el paciente debía realizar el movimiento. Hasta que no se alcanzaba el porcentaje programado, el juego no se daba por finalizado. Generalmente el movimiento de apertura supuso un reto mayor para estos pacientes. (Figura 13d).



13a. Alcance



13b. Secuencia



13c. Volteo



13d. Apertura/Cierre



Figura 13. Juegos del protocolo de realidad virtual

Todos los juegos tenían la posibilidad de empezar de forma unilateral. Se decidió que se comenzara con la mano no afecta (para que el paciente se familiarizase con el juego), continuando posteriormente con la mano afecta. Finalmente, cada juego se realizaba con ambas manos simultáneamente, excepto el juego conocido como "secuencia", que no ofrecía esa posibilidad.

Debido a la heterogeneidad de la sintomatología del MS en el ictus, y con el fin de poder adaptar el grado de dificultad a las necesidades particulares de cada uno de los pacientes, los juegos se pueden personalizar e individualizar. En cada uno de los juegos, se permite configurar el número de objetos que aparecen inicialmente en la pantalla, las distancias entre ellos y la profundidad a la que se sitúan. Todos estos ajustes se registran y almacenan en un archivo de configuración asociado al ID (identificador) de cada paciente. Estos cambios se pueden llevar a cabo tanto al inicio de la intervención, o bien durante la realización del videojuego, quedando grabados en un archivo con la puntuación del tiempo conseguido.

Es posible que en ciertas ocasiones el paciente no lograra realizar el ejercicio propuesto, o que lo haga parcialmente. En estos casos, y para evitar llegar a la frustración, existía la posibilidad de que el terapeuta cambiase de tarea (pulsando el botón de salto), y finalizar así dicha actividad.

Durante todo el entrenamiento, el entorno virtual proporcionaba al paciente instrucciones tanto visuales como auditivas para llevar a cabo el objetivo de cada juego. Del mismo modo, se proponía que el terapeuta permaneciese cerca del paciente, especialmente en las primeras sesiones de entrenamiento, por si este necesitara ayuda o ciertas indicaciones.

El periodo de RV siguió el protocolo detallado en la figura 14.



Figura 14. Protocolo experimental de realidad virtual

El protocolo se realizó teniendo en cuenta la dificultad global, comenzando siempre con juegos más fáciles, y concluyendo con juegos que entrañaban más dificultad. Al inicio de cada sesión, el paciente comenzó con el protocolo establecido, realizando los juegos marcados, no se continuó donde finalizó la sesión anterior.

Durante el periodo de RV, el paciente permaneció en sedestación, los pies en contacto con el suelo, y para evitar movimientos compensatorios se realizó restricción del tronco, a través de una cincha elástica. Asimismo, se indicó que la mano que no se estuviera usando en el momento del juego, quedara apoyada encima de la mesa con el objetivo de facilitar la orientación de la línea media, y el incremento de tono axial (Figura 15).

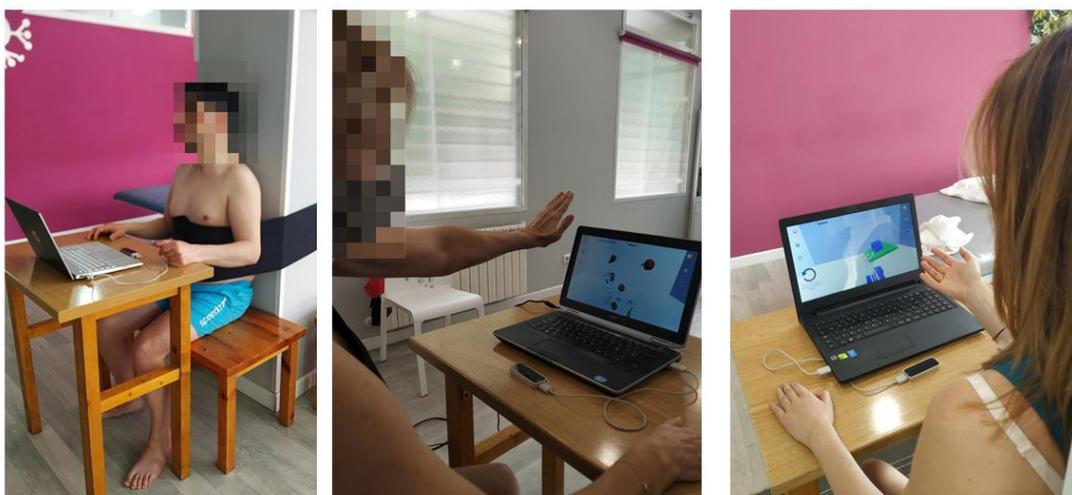


Figura 15. Pacientes del grupo experimental realizando el protocolo de realidad virtual

## 5. Herramientas de valoración

### 5.1 Fuerza de agarre

La debilidad muscular es la afectación más común del MS tras un ictus y, por tanto, una de las mayores causas en la reducción de la capacidad de utilizar el brazo y la mano en las actividades diarias (192).

La fuerza de agarre tiene una fuerte relación con la fuerza muscular de todo el MS en personas con ictus en fase crónica, es decir, la fuerza de agarre se postula como una medida representativa de la debilidad muscular de todo el MS en fases crónicas del ictus (192).

La sencillez y el escaso tiempo que conlleva medir la fuerza de agarre con dinamómetros portátiles durante la práctica clínica diaria, hacen de esta herramienta una medida objetiva, fiable, barata y necesaria en el proceso de rehabilitación del ictus (192).

Diversos autores proponen la fuerza de agarre como un valor predictivo, tanto del pronóstico del paciente con ictus en fases iniciales (193), como de mortalidad por infarto de miocardio, ictus, cáncer, neumonía, lesión por caída o fractura (194).

Es una prueba viable y con excelentes datos de confiabilidad para pacientes con ictus (ICC 0.80-0.89) (193). Se considera que la sensibilidad de la prueba en pacientes con ictus es un cambio entre 4,7-6,2 kgs en la diferencia de medidas repetidas (195).

En este estudio se utilizó el dinamómetro hidráulico Jamar® (Modelo 5030J1 n° de serie 20210511237) (Figura 16), para medir la fuerza de agarre de la mano afectada,

siguiendo las recomendaciones de la Asociación Americana de la Mano (196): los participantes permanecían en sedestación con respaldo posterior, los pies en el suelo, el brazo en aducción, el codo flexionado a 90 grados, el antebrazo en posición neutra y la muñeca entre 0 y 30 grados de extensión. Se realizaron tres ensayos consecutivos con la mano afectada y se utilizó la media de los tres para el análisis estadístico. Se establece la posición II del mango del dinamómetro como el tamaño estándar.



Figura 16. Dinamómetro hidráulico Jamar®

### ***5.2 Block and Box Test (BBT)***

Se trata de una prueba estandarizada, validada y recomendada en pacientes con ictus, que permite valorar la destreza manual gruesa. Se requiere una caja rectangular subdividida en dos cuadrados de la misma dimensión, mediante un tabique. En uno de los compartimentos se colocan 150 bloques de madera de diferentes colores, todos ellos de 2,5 cm (Figura 17). El paciente permanece en sedestación, y durante un minuto, se le pide que mueva el mayor número de bloques, de uno en uno, de un compartimento a otro. Es indispensable que el paciente cruce el tabique antes de soltar el bloque en el compartimento final (197). En este estudio se registraron únicamente valores de la mano afectada, aunque tal y como marca el test, se realizó un intento previo con la mano no afectada.

El cambio mínimo detectable en los pacientes con ictus es una media de 1,99 bloques en la mano afectada, y de 2,84 bloques en la no afectada (198). Esta prueba tiene una excelente fiabilidad test-retest tanto para la mano afectada ( $r=0,98$ ), como para la no afectada ( $r=0,93$ ) (198).

Mayores puntuaciones en el test denotan mayor destreza manual gruesa.



Figura 17. Block and Box Test

### *5.3 Action Research Arm Test (ARAT)*

Es una herramienta de evaluación fiable para evaluar la función motora del MS tras un ictus. Consta de 19 pruebas subdivididas en 4 grupos (agarre, prensión, pinza y movimiento grueso), donde el paciente ha de manipular diferentes objetos con distintos tamaños, formas y pesos (Figura 18) (199).



Figura 18. Action Research Arm Test

Cada una de las pruebas se puede valorar con cuatro puntuaciones diferentes: realiza la prueba correctamente dentro del tiempo estipulado para cada una de ellas (3 puntos); completa la prueba, pero en más tiempo del permitido (2 puntos); realiza la prueba parcialmente (1 punto); es incapaz de realizar ninguna parte de la prueba (0 puntos). Si el paciente consigue en la primera prueba de cada uno de los 4 grupos la máxima puntuación, automáticamente se otorgan también 3 puntos en el resto de pruebas de ese grupo, al considerarse la prueba más difícil (199) (Anexo 6).

El rango del test es de 0-57, siendo las puntuaciones más altas las que indican menor déficit motor del MS (199). En este estudio se utilizó la versión validada y traducida al castellano (200).

Consta con una excelente confiabilidad entre evaluadores (ICC= 0,96), intraevaluadores (ICC=0,99) (201), y consistencia interna (Cronbach's alpha=0,985) (202).

Según Simpson et al. (203) el mínimo cambio detectable del test con un 90% de confianza es 3 puntos, y con un 95% de confianza es de 3,5 puntos. Por tanto, mejoras en las puntuaciones, no siempre se traducen en mejoras clínicas que repercutan en la calidad de vida de los pacientes.

#### ***5.4 Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)***

Fue desarrollado por el *Institute for Work and Health* y la *American Academy of Orthopedic Surgeons* en 1996. Es un cuestionario autoadministrado, específico para medir la función del MS (204,205) (Anexo 7).

Surge por la necesidad de solventar el problema de otras escalas, las cuales están enfocadas a una articulación o región anatómica concreta, o bien delimitadas a una determinada población. Conociendo la relación directa entre las diferentes partes del MS, así como la importancia de la opinión subjetiva del paciente en sus actividades habituales, este cuestionario está enfocado a considerar el MS como una unidad funcional, permitiendo cuantificar y comparar la repercusión de posibles problemas que afectan a las distintas partes del MS (204).

Su uso está muy extendido por lo que se ha traducido a varios idiomas y se han realizado diversas adaptaciones transculturales, entre ellas una versión española (204).

Consta de 30 ítems, divididos en 4 apartados, con preguntas sobre síntomas y capacidad de dificultad a la hora de desarrollar ciertas actividades. Cada ítem se valora de 1 a 5, siendo a más puntuación, mayor dificultad o afectación. La puntuación total del cuestionario oscila entre 30 y 150 puntos, y se transforma en un valor final como resultado de la siguiente ecuación (205):

**Discapacidad/Síntomas DASH= ([suma de n respuestas) /n]-1) x 25**

**Siendo n el número de respuestas completadas**

Dalton et al. (206) analizaron la validez y confiabilidad del cuestionario en pacientes con ictus. Concluyeron que la función del MS se puede evaluar a través de esta herramienta ya que tiene una buena consistencia interna (Cronbach´s alpha=0,92) y una validez concurrente moderada.

### *5.5 Escala Modificada de Ashworth*

Aunque la escala original la creó Bryan Ashworth en 1964, la modificación que sufrió en 1978 por Bohannon y Smith, es la versión más utilizada actualmente en pacientes con afectación neurológica. Es una herramienta subjetiva que mide la resistencia muscular al movimiento pasivo de una articulación. Las principales ventajas de la prueba son su rapidez y la ausencia de material requerido (207).

Las puntuaciones posibles oscilan de 0 a 4, con seis opciones posibles, donde los valores más bajos representan un tono muscular normal y las puntuaciones más altas indican espasticidad o mayor resistencia al movimiento pasivo. Los resultados posibles son: 0 = No incremento del tono muscular; 1 = Leve incremento del tono muscular debido a una resistencia mínima al final del arco de movimiento; 1+ = Aumento ligero del tono muscular, manifestado por una resistencia mínima en el resto (menos de la mitad) de la amplitud de movimiento; 2 = Marcado incremento del tono muscular a través del todo el arco de movimiento, pero segmento afectado se mueve con facilidad; 3 = Considerable incremento del tono muscular, dificultad al movimiento pasivo; 4= Rigidez del segmento afectado, en flexión o extensión (207).

En este estudio se valoró la espasticidad de los participantes, en sedestación, de los grupos musculares flexores de hombro, codo y muñeca del hemicuerpo afecto del paciente.

Aunque la fiabilidad de la prueba puede diferir de un grupo muscular a otro, los resultados mediante test-retest (208) la postulan como una prueba adecuada para pacientes con ictus.

### ***5.6 Cuestionario de Salud SF-36 (SF-36)***

El cuestionario fue creado en la década de los 90 (*Questionnaire Short Form Health Survey-36*) y tras numerosas traducciones y adaptaciones, entre ellas una española (209), actualmente es uno de los instrumentos más utilizados y con mayor potencial para medir la calidad de vida relacionada con la salud. El SF-36 es una escala genérica sobre el estado de salud, válida tanto en la población general como en determinados grupos poblacionales, como el ictus. Se considera genérica, porque valora conceptos de salud de forma universal, relevantes para el estado funcional de la persona, y sin ser específicas para la edad, enfermedad o tratamiento. Consta de 36 preguntas subdivididas en 8 escalas: Función física, Rol físico, Dolor corporal, Salud general, Vitalidad, Función social, Rol emocional y Salud mental. También añade un ítem que compara el estado de salud con el del año anterior (Anexo 8). Es una herramienta que se utiliza tanto en estudios descriptivos como en intervenciones terapéuticas (209–211).

Tras la aplicación del cuestionario, y la obtención de los 8 resultados, estos se transforman en puntuaciones con rangos entre 0-100, siendo los valores más altos los que reflejan mejores estados de salud (209). En la tabla 2 se muestran los criterios para las transformaciones de las puntuaciones.

Tabla 2. Criterios para la transformación de las puntuaciones del Cuestionario de Salud SF-36

ESCALA	SUMA FINAL DE LOS VALORES DE LOS ÍTEMS	PUNTACIONES CRUDAS MÍN Y MÁX POSIBLES	MÁXIMO RECORRIDO DE LA PUNTUACIÓN CRUDA
Función física	3+4+5+6+7+8+9+10+11+12	(10,30)	20
Rol físico	13+14+15	(4,8)	4
Dolor Corporal	21+22	(2,12)	10
Salud General	1+33+34+35+36	(5,25)	20
Vitalidad	23+27+29+31	(4,24)	20
Función social	20+32	(2,10)	8
Rol emocional	17+18+19	(3,6)	3
Salud mental	24+25+26+28+30	(5,30)	25
Transformación de las puntuaciones crudas	$\text{Escala transformada} = \left[ \frac{\text{Puntuación real cruda} - \text{Puntuación cruda mín posible}}{\text{Máx recorrido de la puntuación cruda}} \right] \times 100$		

En pacientes con ictus crónico, Cabral et al. (212) evaluaron la confiabilidad del cuestionario mediante la prueba de Test-retest, obteniendo datos excelentes (ICC=0,89).

### 5.7 Cuestionario de satisfacción con la tecnología

El grupo de investigación diseñó un cuestionario específico basado en una escala tipo Likert, con el fin de evaluar la satisfacción de los pacientes. Un claro indicador adicional de la eficacia de una terapia es la satisfacción del paciente, ya que mejora tanto el cumplimiento del tratamiento, como la adherencia al mismo (146,172,213).

El cuestionario se compone de 9 ítems que evalúan la utilidad del LMC<sup>®</sup> en su rehabilitación, el grado de motivación, los posibles problemas técnicos durante la intervención, la usabilidad, el posible dolor referido durante la terapia, la importancia del

apoyo del terapeuta, la experiencia, la frecuencia de uso de los dispositivos electrónicos y el uso de las nuevas tecnologías en el proceso de rehabilitación. El rango del cuestionario es de 1 a 4, y la puntuación máxima posible es de 36 puntos. Todas las preguntas fueron directamente proporcionales, es decir, cuanto mayor es la puntuación, mejor es la percepción del paciente (Anexo 9).

### ***5.8 Adherencia al tratamiento***

Se registró el porcentaje de asistencia, al igual que la presencia de efectos adversos en ambos grupos de tratamiento.

## **6. Variables del estudio**

### ***6.1 Variables independientes***

- Edad: cuantitativa, numérica, discreta.
- Sexo: categórica, cualitativa dicotómica, nominal (hombre/mujer).
- Hemicuerpo afecto: categórica, cualitativa dicotómica, nominal (derecho/izquierdo).
- Años de evolución del ictus: cuantitativa, numérica, discreta.
- Tipo de ictus: categórica, cualitativa dicotómica, nominal (isquémico/hemorrágico).

### ***6.2 Variables dependientes***

- Fuerza de agarre: cuantitativa, numérica, continua.
- BBT: cuantitativa, numérica, discreta.
- ARAT: cuantitativa, numérica, continua.
- DASH: cuantitativa, numérica, continua.
- Escala Modificada de Ashworth: cualitativa, ordinal.
- Cuestionario de Salud SF-36: cuantitativa, numérica, continua.
- Cuestionario de satisfacción con la tecnología: cuantitativa, numérica, continua.
- Adherencia: cuantitativa, numérica, discreta.

## 7. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software estadístico SPSS 24.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL; versión 24.0). Se realizó un análisis descriptivo de todas las variables. Los resultados se expresaron como media, diferencia de medias (DM), desviación estándar (DE), mediana, rango intercuartil (RI), frecuencias y porcentajes. Mediante la prueba de Shapiro-Wilk se determinó qué valores de las variables seguían una distribución normal.

Se realizó la prueba t de Student para muestras independientes, con el fin de analizar las características de la muestra, estableciéndose un valor significativo cuando p fuera menor de 0,05.

Dado que la muestra siguió una distribución normal, se procedió al análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para las variables fuerza de agarre, BBT, ARAT, DASH y SF-36, con el tiempo (pre-tratamiento, pos-tratamiento, seguimiento) como factor intra-grupo y con el grupo (experimental y control) como factor inter-grupo, todo ello con ajuste a posterior de Bonferroni. Los valores de p asociados a los estadísticos F del ANOVA se ajustaron mediante la corrección de Greenhouse-Geisser. El análisis estadístico se realizó con un nivel de confianza del 95%, por lo que se consideraron valores significativos aquellos cuya p fuese menor que 0,05.

Para variables ordinales, Escala Modificada de Ashworth, se empleó para las comparaciones intra-grupo, la prueba de Wilcoxon, prueba no paramétrica que permite comparar dos muestras relacionadas. Además, para las comparaciones inter-grupo, se utilizó la prueba de Mann-Whitney, prueba no paramétrica para muestras no relacionadas. El nivel de significación estadística se estableció en un valor p inferior a 0,05.



# RESULTADOS



## RESULTADOS

### 1. Características de la muestra

La muestra quedó constituida por un total de 36 participantes con diagnóstico de ictus crónico (más de 6 meses de evolución), en la que no se produjo ninguna pérdida. Las características de la muestra aparecen reflejadas en la tabla 3.

De la muestra total, 20 participantes fueron hombres (55,56%) y 16 mujeres (44,44%), con un rango de edad comprendido entre los 32 y 78 años, una edad media de 64,94 ( $\pm 12,33$ ) años, y un tiempo de evolución medio de 5,78 ( $\pm 5,42$ ) años. La mayoría, 32 sujetos (88,89%), sufrieron ictus isquémico frente a 16 de ictus hemorrágico (11,11%). La hemiparesia izquierda fue predominante con un total de 20 (55,56%), en contraste con las 16 hemiparesias derechas (44,44%).

La muestra fue distribuida aleatoriamente en dos grupos de 18 participantes cada uno. El GE (n=18) lo conformaron 8 hombres y 10 mujeres, con una edad media de 60,33 años ( $\pm 12,44$ ), y una media de 5,64 ( $\pm 6,26$ ) años de evolución. En cuanto al tipo de ictus, 15 (83,33%) sufrieron ictus isquémico, mientras que 3 fueron ictus hemorrágico (16,67%). En este grupo, la hemiparesia izquierda fue predominante padeciéndola 11 participantes (61,11%), mientras que 7 padecían hemiparesia derecha (38,79%). El GC (n=18), lo formaron 12 hombres y 6 mujeres, con una edad media de 69,56 ( $\pm 10,63$ ) años, y 5,92 ( $\pm 4,60$ ) años de evolución. Sufrían 17 de ellos ictus isquémico (94,44%), y 1 ictus hemorrágico (5,56%). El número de hemiparesias izquierdas y derechas fue el mismo en este grupo, 9 cada uno (50%).

No se observaron diferencias basales entre las características de ambos grupos.

Tabla 3. Características de la muestra

		n= 36	Grupo experimental (n= 18)	Grupo control (n= 18)	P valor
<b>Edad</b>		64,94 ( $\pm$ 12,33)	60,33 $\pm$ 12,44	69,56 $\pm$ 10,63	0,230
<b>Sexo</b>	Hombres	20 (55,56%)	8 (44,44%)	12 (66,67%)	0,190
	Mujeres	16 (44,44%)	10 (55,56%)	6 (33,33%)	
<b>Años de evolución</b>		5,78 ( $\pm$ 5,42)	5,64 $\pm$ 6,26	5,92 $\pm$ 4,60	0,883
<b>Tipo</b>	Isquémico	32 (88,89%)	15 (83,33%)	17 (94,44%)	0,105
	Hemorrágico	4 (11,11%)	3 (16,67%)	1 (5,56%)	
<b>Lado afecto</b>	Izquierdo	20 (55,56%)	11 (61,11%)	9 (50%)	0,331
	Derecho	16 (44,44%)	7 (38,89%)	9 (50%)	

Datos expresados como media, desviación estándar y frecuencias (porcentajes);

Prueba t de Student para muestras independientes. \*p valor < 0,05

## 2. Análisis de las herramientas de valoración

### 2.1 Fuerza de agarre

Tras el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para la variable fuerza de agarre, y el posterior ajuste de Bonferroni, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la valoración inter-grupo, aunque en ambos grupos sí refirieron mejoras (Tabla 4).

En cambio, el análisis intra-grupo, el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas reflejó diferencias significativas ( $p < 0,001$ ). Posteriormente, tras el ajuste de Bonferroni, en el GE, la fuerza de agarre mejoró significativamente entre la valoración pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p = 0,021$ ), y entre el pre-tratamiento y la valoración de seguimiento ( $p < 0,001$ ) (Tabla 5).

Tabla 4. Resultados inter-grupo de la fuerza de agarre

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>Fuerza de agarre pre-tratamiento</b>	14,87 ± 8,07	21,33 ± 12,71	1,855	0,174	-6,47	0,077	(-13,68 – 0,74)
<b>Fuerza de agarre pos-tratamiento</b>	16,92 ± 8,29	22,63 ± 12,43			-5,71	0,114	(-12,87 – 1,44)
<b>Fuerza de agarre seguimiento</b>	17,61 ± 9,08	22,50 ± 12,58			-4,89	0,190	(-12,32 – 2,54)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza  
 Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 5. Resultados intra-grupo de la fuerza de agarre

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
<b>Fuerza de Agarre</b>	GE	14,87 ± 8,07	16,92 ± 8,29	17,61 ± 9,08	13,278	<0,001*	-2,06	0,021*	(-3,86 – -0,25)	-2,74	< 0,001*	(-4,12 - -1,37)	-0,69	0,393	(-1,81 - 0,43)
	GC	21,33 ± 12,71	22,63 ± 12,43	22,50 ± 12,58			-1,30	0,237	(-3,10 – 0,51)	-1,16	0,122	(-2,54 - 0,21)	0,132	1,000	(-0,99 - 1,25)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

## ***2.2 Block and Box Test (BBT)***

La variable BBT se analizó mediante la varianza (ANOVA) de medidas repetidas y el posterior ajuste de Bonferroni. En el análisis inter-grupo, aunque hubo mejoras en los dos grupos, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 6).

Por el contrario, en el análisis intra-grupo, la varianza (ANOVA) de medidas repetidas fue significativo ( $p < 0,001$ ). Tras el ajuste posterior de Bonferroni se observaron mejoras estadísticamente significativas en el GE entre la valoración pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p = 0,001$ ), y el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p < 0,001$ ). El GC también mostró mejoras significativas entre la valoración pre-tratamiento y seguimiento ( $p = 0,014$ ), y entre el pos-tratamiento y seguimiento ( $p = 0,005$ ) (Tabla 7).

Tabla 6. Resultados inter-grupo del Block and Box Test

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>BBT pre-tratamiento</b>	23,78 ± 12,42	31,56 ± 11,71	3,046	0,076	-7,78	0,062	( -15,95 – 0,40)
<b>BBT pos-tratamiento</b>	27,17 ± 13,27	32,50 ± 10,68			-5,33	0,193	( -13,50 – 2,83)
<b>BBT seguimiento</b>	27,72 ± 12,13	33,89 ± 10,89			-6,17	0,118	( -13,96 – 1,64)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; BBT: Block and Box Test

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 7. Resultados intra-grupo del Block and Box Test

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
<b>BBT</b>	GE	23,78 ± 12,42	27,17 ± 13,27	27,72 ± 12,13	20,370	<0,001*	-3,39	0,001*	(-5,58 – -1,20)	-3,94	< 0,001*	(-5,89 - -2,00)	-0,56	0,552	(-1,59 – 0,48)
	GC	31,56 ± 11,71	32,50 ± 10,68	33,89 ± 10,89			-0,94	0,861	(-3,14 – 1,25)	-2,33	0,014*	(-4,28 - -0,39)	-1,39	0,005*	(-2,42- -0,36)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; BBT: Block and Box Test

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

### ***2.3 Action Research Arm Test (ARAT)***

El test ARAT se analizó tanto de forma global (puntuación total), como de forma individualizada por subapartados.

Respecto a la puntuación total, el análisis inter-grupo no mostró diferencias estadísticamente significativas tras el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas, así como en el ajuste posterior de Bonferroni, aunque en ambos grupos se observaron mejoras en las puntuaciones (Tabla 8).

El análisis intra-grupo, el ANOVA de medidas repetidas no reflejó significación, pero en cambio, tras el ajuste de Bonferroni, aparecieron diferencias estadísticamente significativas en la comparación entre la valoración pre-tratamiento y pos-tratamiento del GE ( $p=0,002$ ) (Tabla 9), lo que implica un menor déficit motor.

Tabla 8. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test Total

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>ARAT pre-tratamiento</b>	41,78 ± 14,94	48,78 ± 7,52	0,549	0,498	-7,00	0,085	( -15,01 – 1,01 )
<b>ARAT pos-tratamiento</b>	45,06 ± 14,51	50,17 ± 7,16			-5,11	0,189	( -12,86 – 2,64 )
<b>ARAT seguimiento</b>	42,94 ± 16,78	50,56 ± 6,75			-7,61	0,083	( -16,27 – 1,05 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; ARAT: Action Research Arm Test

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 9. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test Total

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
ARAT	GE	41,78 ± 14,94	45,06 ± 14,51	42,94 ± 16,78	1,798	0,187	-3,28	0,002*	(-5,43 – -1,12)	-1,17	1,000	(-6,72 – 4,38)	2,11	0,841	(-2,74 – 6,96)
	GC	48,78 ± 7,52	50,17 ± 7,16	50,56 ± 6,75			-1,39	0,341	(-3,54 – 0,77)	-1,78	1,000	(-7,33 – 3,77)	-0,39	1,000	(-5,24 – 4,46)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; ARAT: Action Research Arm Test

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

### *2.3.1 ARAT Subtest A (agarre)*

El primer subapartado del test ARAT mide la función de agarre. Tras el análisis estadístico inter-grupos, si bien se observaron mejoras en ambos grupos, estas no alcanzaron significación estadística (Tabla 10).

El análisis intra-grupo sí ofreció resultados significativos de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas ( $p=0,020$ ). Tras el análisis posterior de Bonferroni, la significación ( $p=0,029$ ) encontrada en el GE se traduce en mejoras entre la valoración pre-tratamiento y seguimiento (Tabla 11).

Tabla 10. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest A agarre)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>ARAT (A) pre-tratamiento</b>	13,39 ± 5,18	16,00 ± 2,47	0,717	0,420	-2,61	0,062	(-5,36 – 0,14 )
<b>ARAT (A) pos-tratamiento</b>	14,17 ± 4,99	16,50 ± 2,23			-2,33	0,079	(-4,95 – 0,28 )
<b>ARAT (A) seguimiento</b>	14,50 ± 4,93	16,50 ± 2,23			-2,00	0,126	(-4,59 – 0,59 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; ARAT (A): Action Research Arm Test Subtest A agarre

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 11. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest A agarre)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
ARAT (A)	GE	13,59 ± 5,18	14,17 ± 4,99	14,50 ± 4,93	5,535	0,020*	-0,78	0,293	(-1,93 – 0,37)	-1,11	0,029*	(-2,13 – -0,92)	-0,33	0,069	(-0,69 – 0,19)
	GC	16,00 ± 2,47	16,50 ± 2,23	16,50 ± 2,23			-5,00	0,84	(-1,65 – 0,65)	-5,00	0,68	(-1,52 – 0,51)	0,00	1,00	(-0,35– 0,35)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; ARAT (A): Action Research Arm Test Subtest A agarre

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

### *2.3.2 ARAT Subtest B (prensión)*

El segundo subapartado del ARAT mide la función de prensión. Tras el análisis de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas y ajuste posteriori de Bonferroni no hubo diferencias significativas en el análisis inter-grupo, pero en ambos grupos se reflejaron mejoras (Tabla 12).

En cuanto al análisis intra-grupo, sí hubo significación estadística ( $p=0,033$ ) inicialmente, si bien, tras el ajuste de Bonferroni, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las comparaciones de los dos grupos (Tabla 13).

Tabla 12. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest B prensión)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>ARAT (B) pre-tratamiento</b>	9,78 ± 2,96	11,17 ± 1,47	0,513	0,491	-1,39	0,083	(-2,97 – 0,19)
<b>ARAT (B) pos-tratamiento</b>	10,28 ± 2,56	11,39 ± 1,24			-1,11	0,107	(-2,47 – 0,25 )
<b>ARAT (B) seguimiento</b>	10,39 ± 2,55	11,44 ± 1,20			-1,06	0,664	(-2,40 – 0,29 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; ARAT (B): Action Research Arm Test Subtest B prensión

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 13. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest B presión)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
ARAT (B)	GE	9,78 ± 2,96	10,28 ± 2,56	10,39 ± 2,55	3,589	0,033*	-0,50	0,337	(1,27 – 0,27)	-0,61	0,142	(-1,36 – 0,14)	-0,11	0,315	(-0,28 – 0,06)
	GC	11,17 ± 1,47	11,39 ± 1,24	11,44 ± 1,20			-0,22	1,000	(-0,99 – 0,55)	-0,28	1,000	(-1,03 – 0,47)	-0,06	1,000	(-0,22 – 0,11)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; ARAT (B): Action Research Arm Test Subtest B presión

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

### 2.3.3 ARAT Subtest C (pinza)

La función de pinza está valorada en el tercer subapartado del test ARAT. Al igual que en los subapartados anteriores, el análisis inter-grupo de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas y ajuste posteriori de Bonferroni no mostró diferencias estadísticamente significativas, pero sí mejoras en los dos grupos (Tabla 14).

En el análisis intra-grupo, se observaron diferencias significativas, tanto en la varianza (ANOVA) para medidas repetidas ( $p=0,010$ ) como en el ajuste posterior de Bonferroni ( $p=0,009$ ) entre las comparaciones pre-tratamiento y seguimiento del GE (Tabla 15).

Tabla 14. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest C pinza)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>ARAT (C) pre-tratamiento</b>	10,72 ± 6,27	12,83 ± 4,84	1,647	0,209	-2,11	0,266	(-5,90 – 1,68 )
<b>ARAT (C) pos-tratamiento</b>	12,44 ± 6,39	13,28 ± 4,90			-0,83	0,663	(-4,69 – 3,02 )
<b>ARAT (C) seguimiento</b>	12,56 ± 6,30	13,61 ± 4,43			-1,06	0,565	(-4,74 – 2,63 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; ARAT (C): Action Research Arm Test Subtest C pinza

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 15. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest C pinza)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
ARAT (C)	GE	10,72 ± 6,27	12,44 ± 6,39	12,56 ± 6,30	6,898	0,010*	-1,72	0,051	(-3,45 – 0,01)	-1,83	0,009*	(-3,28 – -0,38)	-0,11	1,000	(-0,65 – 0,43)
	GC	12,83 ± 4,84	13,28 ± 4,90	13,61 ± 4,43			-0,44	1,000	(-2,17 – 1,28)	-0,78	0,559	(-2,23 – 0,68)	-0,33	0,381	(-0,87 – 0,20)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; ARAT (C): Action Research Arm Test Subtest C pinza

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

#### *2.3.4 ARAT Subtest D (movimiento grueso)*

El último subapartado del test mide movimientos gruesos del MS. En el análisis inter-grupo, aunque el ANOVA de medidas repetidas no muestra significación estadística en la interacción grupo-tiempo, tras realizar el ajuste posteriori de Bonferroni sí aparecieron diferencias estadísticamente significativas en la valoración pos-tratamiento ( $p=0,044$ ) (Tabla 16).

Por el contrario, en el análisis intra-grupo, no hubo ninguna significación estadística de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas y el ajuste posteriori de Bonferroni en ninguno de los dos grupos (Tabla 17).

Tabla 16. Resultados inter-grupo del Action Research Arm Test (Subtest D movimiento grueso)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>ARAT (D) pre-tratamiento</b>	7,83 ± 1,79	8,78 ± 0,94	0,375	0,572	-0,94	0,056	(-1,91 – 0,03 )
<b>ARAT (D) pos-tratamiento</b>	8,17 ± 1,69	8,98 ± 0,02			-0,83	0,044*	(-1,64 – -0,02 )
<b>ARAT (D) seguimiento</b>	8,28 ± 1,65	8,98 ± 0,02			-0,72	0,076	(-0,08 – 1,52 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; ARAT (D): Action Research Arm Test Subtest D movimiento grueso

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 17. Resultados intra-grupo del Action Research Arm Test (Subtest D movimiento grueso)

VARIBALE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
ARAT (D)	GE	7,83 ± 1,79	8,17 ± 1,69	8,28 ± 1,65	3,875	0,051	-0,33	0,289	(-0,82 – 0,16)	-0,44	0,199	(-1,03 – 0,15)	-0,11	0,499	(-0,31 – 0,09)
	GC	8,78 ± 0,94	8,98 ± 0,02	8,98 ± 0,02			-0,22	0,782	(-0,71 – 0,27)	-0,22	1,000	(-0,81 – 0,37)	0,00	1,000	(-0,20 – 0,20)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; ARAT (D): Action Research Arm Test Subtest D movimiento grueso

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

#### *2.4 Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)*

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para la variable DASH, y el posterior ajuste de Bonferroni. En el análisis inter-grupo, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el GE y el GC, sí aparecieron mejoras en ambos grupos (Tabla 18).

En el análisis intra-grupo, aparecieron reflejadas diferencias significativas tanto de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas ( $p < 0,001$ ), como en el ajuste posteriori de Bonferroni. En el GE, hubo mejoras entre las valoraciones pre-tratamiento y post-tratamiento ( $p = 0,004$ ), y entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p = 0,007$ ). Del mismo modo, hubo significación en el GC en la comparación de las valoraciones pre-tratamiento y seguimiento ( $p = 0,035$ ) (Tabla 19).

Tabla 18. Resultados inter-grupo del Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>DASH pre-tratamiento</b>	42,98 ± 16,07	37,22 ± 19,23	0,382	0,564	5,78	0,335	(-6,23 – 17,79 )
<b>DASH pos-tratamiento</b>	40,35 ± 16,22	35,35 ± 17,23			4,98	0,377	(-6,34 – 16,33 )
<b>DASH seguimiento</b>	40,45 ± 15,68	35,14 ± 17,28			5,31	0,341	(-5,86 – 16,49 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; DASH: Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 19. Resultados intra-grupo del Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
<b>DASH</b>	GE	42,98 ± 16,07	40,35 ± 16,22	40,45 ± 15,68	17,20	<0,001*	2,65	0,004*	(0,76 – 4,54 )	2,55	0,007*	(0,59 – 4,51 )	-0,10	1,000	(-0,65 – 0,44)
	GC	37,22 ± 19,23	35,35 ± 17,23	35,14 ± 17,28			1,87	0,053	(-0,02 – 3,76)	2,08	0,035*	(0,12 – 4,05 )	0,21	0,998	(-0,34 – 0,76)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; DASH: Cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

### *2.5 Escala Modificada de Ashworth*

En el análisis inter-grupo entre el GC y el GE, mediante el test de Mann-Whitney para muestras independientes, para la variable Ashworth, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la valoración pre-tratamiento de la espasticidad de hombro ( $p=0,022$ ), reflejando así, que los participantes del grupo GE partían de niveles de espasticidad diferentes a los del GC. Asimismo, tanto las mediciones en el codo como en la muñeca no reflejaron resultados significativos (Tabla 20).

Mediante el test de Wilcoxon para muestras relacionadas, se realizó el análisis intra-grupo de la variable Ashworth. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los dos grupos (Tabla 21).

Tabla 20. Resultados inter-grupo de la Escala Modificada de Ashworth

VARIABLE	GE mediana (RI)			GC mediana (RI)			GE Vs GC		
	Pre	Pos	Seguimiento	Pre	Pos	Seguimiento	Pre p-valor	Pos p-valor	Seguimiento p-valor
<b>ASHWORTH HOMBRO</b>	2 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (0)	1 (0)	1 (0)	0,022*	0,065	0,065
<b>ASHWORTH CODO</b>	1 (2)	1 (2)	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0,250	0,276	0,276
<b>ASHWORTH MUÑECA</b>	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0,165	0,156	0,156

GE: grupo experimental; GC: grupo control; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; RI: rango intercuartílico.

Análisis mediante la prueba de Mann-Whitney para muestras no relacionadas. \*p valor < 0,05

Tabla 21. Resultados intra-grupo de la Escala Modificada de Ashworth

VARIABLE	G	Pre	Pos	Seguimiento	Pre Vs pos p-valor	Pre Vs seguimiento p-valor	Pos Vs seguimiento p-valor
		Mediana (RI)					
<b>ASHWORTH HOMBRO</b>	GE	2 (1)	1 (1)	1 (1)	0,083	0,083	1,000
	GC	1 (0)	1 (0)	1 (0)	0,317	0,317	1,000
<b>ASHWORTH CODO</b>	GE	1 (2)	1 (2)	1 (2)	0,317	0,317	1,000
	GC	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0,317	0,317	1,000
<b>ASHWORTH MUÑECA</b>	GE	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0,317	0,317	1,000
	GC	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0,157	0,157	1,000

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; RI: rango intercuartílico.

Análisis mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. \*p valor < 0,05

## ***2.6 Cuestionario de Salud SF-36 (SF-36)***

Cada uno de los 8 ítems (Función Física, Rol Físico, Dolor Corporal, Salud General, Vitalidad, Función Social, Rol Emocional y Salud Mental) de la variable SF-36 se analizó de forma independiente.

Tras el análisis de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas para todos los ítems de la variable SF-36, y el posterior ajuste de Bonferroni, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las valoraciones inter-grupo de ninguno de los ítems. A pesar de ello, en cinco ítems (Función Física, Dolor Corporal, Vitalidad, Rol Emocional y Salud Emocional) hubo mejoras en ambos grupos. En el Rol Físico solo aparecieron en el GC, mientras que, en la Salud General y Función Social, el GE fue el que registró mejoras (Tablas 22,24,26,28,30,32,34,36).

Respecto al análisis intra-grupo, el único ítem que reflejó significación de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas fue el Dolor Corporal ( $p=0,013$ ), reflejando una disminución del mismo. Tras el ajuste posterior de Bonferroni se observaron diferencias significativas en la comparación entre la valoración pos-tratamiento y seguimiento del GE ( $p=0,040$ ). (Tabla 27). En el resto de los ítems no aparecieron resultados significativos en los análisis intra-grupo (Tablas 23,25,29,31,33,35,37).

Tabla 22. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (FF) pre-tratamiento</b>	47,22 ± 29,81	50,29 ± 24,64	1,092	0,325	-3,06	0,740	(-21,58 – 15,47 )
<b>SF-36 (FF) pos-tratamiento</b>	50,00 ± 28,02	50,56 ± 24,31			-0,56	0,950	(-18,33 – 17,21 )
<b>SF-36 (FF) seguimiento</b>	50,83 ± 29,17	50,83 ± 23,66			0,00	1,000	(-17,99 – 17,99 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (FF): Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 23. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
<b>SF-36 (FF)</b>	GE	47,22 ± 29,81	50,00 ± 28,02	50,83 ± 29,17	1,918	0,168	-2,78	0,368	(-7,20 – 1,64 )	-3,61	0,167	(-8,20 – 0,98)	-0,83	1,000	(-3,19 – 1,52)
	GC	50,29 ± 24,64	50,56 ± 24,31	50,83 ± 23,66			-0,28	1,000	(-4,70 – 4,14)	-0,56	1,000	(-5,15 – 4,04)	-0,28	1,000	(-2,64 – 2,08)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (FF): Cuestionario de Salud SF-36 (Función Física)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 24. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (RF) pre-tratamiento</b>	47,22 ± 42,78	48,61 ± 48,11	1,776	0,180	-1,39	0,928	(-32,23 – 29,45)
<b>SF-36 (RF) pos-tratamiento</b>	44,44 ± 39,81	50,00 ± 49,26			-5,56	0,712	(-35,89 – 24,78)
<b>SF-36 (RF) seguimiento</b>	47,22 ± 40,12	50,00 ± 49,26			-2,78	0,854	(-33,21 – 27,65)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (RF): Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 25. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
<b>SF-36 (RF)</b>	GE	47,22 ± 42,78	44,44 ± 39,81	47,22 ± 40,12	0,761	0,462	2,78	0,315	(.1,42 – 6,98)	0,00	1,000	(-4,37 – 4,37)	-2,78	0,141	(-6,17 – 0,62)
	GC	48,61 ± 48,11	50,00 ± 49,26	50,00 ± 49,26			-1,39	1,000	(-5,59 – 2,81)	-1,39	1,000	(-5,76 – 2,98)	0,00	1,000	(-3,39- 3,39)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (RF): Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Físico)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 26. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (DC) pre-tratamiento</b>	32,78 ± 21,37	32,78 ± 28,24	0,145	0,717	0,00	1,000	(-16,96 – 16,96)
<b>SF-36 (DC) pos-tratamiento</b>	26,11 ± 15,77	26,67 ± 19,40			-0,56	0,925	(-12,53 – 11,42)
<b>SF-36 (DC) seguimiento</b>	24,44 ± 15,42	26,67 ± 19,40			-2,22	0,706	(-14,10 – 9,65)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (DC): Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 27. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (DC)	GE	32,78 ± 21,37	26,11 ± 15,77	24,44 ± 15,42	6,762	0,013*	6,67	0,244	(-2,68 – 16,01)	8,33	0,090	(-0,93- 17,60)	1,67	0,040*	(0,57- 3,28)
	GC	32,78 ± 28,24	26,67 ± 19,40	26,67 ± 19,40			6,11	0,326	(-3,23 – 15,46)	6,11	0,317	(-3,15 – 15,37)	0,00	1,000	(-1,61 – 1,61)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (DC): Cuestionario de Salud SF-36 (Dolor Corporal)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 28. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (SG) pre-tratamiento</b>	63,06 ± 1,26	62,22 ± 9,43	0,663	0,421	0,83	0,811	(-6,20 – 7,87)
<b>SF-36 (SG) pos-tratamiento</b>	61,67 ± 10,29	62,22 ± 9,43			-0,56	0,867	(-7,24 – 6,13 )
<b>SF-36 (SG) seguimiento</b>	61,67 ± 10,29	62,22 ± 9,43			-0,56	0,867	(-7,24 – 6,13 )

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (SG): Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 29. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (SG)	GE	63,06 ± 1,26	61,67 ± 10,29	61,67 ± 10,29	0,663	0,421	1,389	0,773	(-1,65 – 4,43)	1,389	0,773	(-1,65 – 4,43)	0,00	1,000	(-1,65 – 4,43)
	GC	62,22 ± 9,43	62,22 ± 9,43	62,22 ± 9,43			0,00	1,000	(-3,04 – 3,04)	0,00	1,000	(-3,04 – 3,04)	0,00	1,000	(-3,04 – 3,04)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (SG): Cuestionario de Salud SF-36 (Salud General)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 30. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (V) pre-tratamiento</b>	58,06 ± 10,17	57,78 ± 12,15	0,325	0,708	0,28	0,941	(-7,31 – 7,69)
<b>SF-36 (V) pos-tratamiento</b>	58,06 ± 9,26	58,89 ± 13,45			-0,83	0,830	(-8,66 – 6,99)
<b>SF-36 (V) seguimiento</b>	58,61 ± 8,37	58,89 ± 13,01			-0,28	0,940	(-7,60 – 7,13)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (V): Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 31. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (V)	GE	58,06 ± 10,17	58,06 ± 9,26	58,61 ± 8,37	0,758	0,464	0,00	1,000	(-2,45– 2,45)	-0,56	1,000	(-3,29 – 2,18)	-0,56	1,000	(-2,70 – 1,59)
	GC	57,78 ± 12,15	58,89 ± 13,45	58,89 ± 13,01			-1,11	0,782	(-3,56 – 1,34)	-1,11	0,941	(-3,85 – 1,63)	0,00	1,000	(-2,15– 2,15)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (V): Cuestionario de Salud SF-36 (Vitalidad)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 32. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (FS) pre-tratamiento</b>	51,36 ± 16,52	52,75 ± 13,96	1,384	0,254	-1,39	0,787	(-11,75 – 8,97)
<b>SF-36 (FS) pos-tratamiento</b>	52,75 ± 16,89	52,06 ± 11,58			0,69	0,886	(-9,12 – 10,51)
<b>SF-36 (FS) seguimiento</b>	52,06 ± 16,73	52,06 ± 11,58			0,00	1,00	(-9,75 – 9,75)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (FS): Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 33. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (FS)	GE	51,36 ± 16,52	52,75 ± 16,89	52,06 ± 16,73	0,198	0,727	-1,39	0,644	(-4,15 – 1,38)	-0,69	1,000	(-3,20 – 1,82)	0,69	0,499	(-0,54 – 1,93)
	GC	52,75 ± 13,96	52,06 ± 11,58	52,06 ± 11,58			0,69	1,000	(-2,07 – 3,46)	0,69	1,000	(-1,82- 3,20)	0,00	1,000	(-1,24 – 1,24)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (FS): Cuestionario de Salud SF-36 (Función Social)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 34. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (RE) pre-tratamiento</b>	63,87 ± 43,64	62,03 ± 45,67	1,138	0,301	1,84	0,903	(-28,42– 32,09)
<b>SF-36 (RE) pos-tratamiento</b>	71,27 ± 38,71	63,88 ± 43,63			7,39	0,594	(-20,55– 35,33)
<b>SF-36 (RE) seguimiento</b>	73,12 ± 35,79	63,88 ± 43,63			9,24	0,492	(-17,79– 36,27)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (RE): Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 35. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (RE)	GE	63,87 ± 43,64	71,27 ± 38,71	73,12 ± 35,79	2,713	0,103	-7,40	0,277	(-18,16– 3,36)	-9,25	0,126	(-20,27– 1,77)	-1,85	0,499	(-5,14 – 1,44)
	GC	62,03 ± 45,67	63,88 ± 43,63	63,88 ± 43,63			-1,85	1,000	(-12,61– 8,91)	-1,85	1,000	(-12,87– 9,17)	0,00	1,000	(-3,29– 3,29)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (RE): Cuestionario de Salud SF-36 (Rol Emocional)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 36. Resultados inter-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental)

VARIABLE	GE	GC	F	P	BONFERRONI		
	Media ± DE	Media ± DE			DM	P	IC
<b>SF-36 (SM) pre-tratamiento</b>	60,44 ± 8,77	58,22 ± 12,29	1,524	0,228	2,22	0,537	(-5,01 – 9,46)
<b>SF-36 (SM) pos-tratamiento</b>	62,44 ± 9,71	57,78 ± 13,39			4,67	0,240	(-3,26 – 12,59)
<b>SF-36 (SM) seguimiento</b>	63,78 ± 11,10	58,89 ± 12,63			4,89	0,226	(-3,17 – 12,95)

GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; SF-36 (SM): Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

Tabla 37. Resultados intra-grupo del Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental)

VARIABLE	G	Media ± DE			F	P	Pre Vs Pos			Pre Vs Seguimiento			Pos Vs Seguimiento		
		Pre	Pos	Segui miento			DM	P	IC	DM	P	IC	DM	P	IC
SF-36 (SM)	GE	60,44 ± 8,77	62,44 ± 9,71	63,78 ± 11,10	2,830	0,079	-2,00	0,197	(-4,65 – 0,65)	-3,33	0,090	(-7,04 – 0,38)	-1,33	0,597	(-3,90 – 1,23)
	GC	58,22 ± 12,29	57,78 ± 13,39	58,89 ± 12,63			0,44	1,000	(-2,20 – 3,09)	-0,67	1,000	(-4,38 – 3,04)	-1,11	0,848	(-3,67 – 1,45)

G: grupo; GE: grupo experimental; GC: grupo control; DE: desviación estándar; DM: diferencia de medias; IC: intervalo de confianza; Pre: pre-tratamiento; Pos: pos-tratamiento; SF-36 (SM): Cuestionario de Salud SF-36 (Salud Mental)

Análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con ajuste a posteriori de Bonferroni. \*p valor < 0,05

## 2.7 Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología

Respecto al cuestionario de satisfacción relacionado con el protocolo de RV realizado por el GE, el grado de satisfacción fue satisfactorio. La puntuación media obtenida fue de 29,83 ( $\pm 2,792$ ), sobre una puntuación máxima de 36. Los ítems con mayor puntuación fueron, ser partidario de introducir nuevas tecnologías en el proceso de rehabilitación y la ayuda prestada por el terapeuta, (ambos con una puntuación media de 3,83 ( $\pm 0,383$ ) sobre 4). Por el contrario, las puntuaciones más bajas las recogieron los ítems que valoraron los problemas técnicos aparecidos durante la intervención (2,56 ( $\pm 0,856$ ) puntos), y la frecuencia de uso de dispositivos electrónicos (con una puntuación de 2,78 ( $\pm 0,877$ )) (Tabla 38).

Tabla 38. Resultados del Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología del grupo experimental

<b>ÍTEM</b>	<b>Media - DE</b>
<b>Motivación</b>	3,56 (0,616)
<b>Usabilidad</b>	3,00 (0,767)
<b>Uso de dispositivos electrónicos</b>	2,78 (0,877)
<b>Dolor</b>	3,61 (0,502)
<b>Ayuda del terapeuta</b>	3,83 (0,383)
<b>Problemas Técnicos</b>	2,56 (0,856)
<b>Utilidad</b>	3,39 (0,608)
<b>Experiencia</b>	3,28 (0,574)
<b>Nuevas tecnologías</b>	3,83 (0,383)
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	<b>29,83 (2,792)</b>

Datos expresados como media y desviación estándar (DE)

## ***2.8 Adherencia al tratamiento***

En último lugar, se midió la adherencia al tratamiento. El GC completó una media de 15,67 sesiones representando un 97,93%, y el GE concluyó la intervención con una media de 15,78 sesiones, es decir, un 98,63%.

Asimismo, únicamente en algunos casos, se registraron efectos adversos en forma de molestias en el hombro, compatibles con sobrecarga tendinosa, que tras finalizar la sesión de tratamiento desaparecieron.



# DISCUSIÓN



## DISCUSIÓN

### 1. Discusión de los hallazgos más relevantes

La afectación del MS tras un ictus, se vuelve crónica para casi la mitad de las personas que lo sufren (75). La cronicidad en las alteraciones produce una merma en la calidad de vida, en la motivación y en la adherencia al tratamiento, traduciéndose en una carga sanitaria, personal, familiar y social. La información vertida en varios estudios hace pensar que esta situación se incrementa, debido a las expectativas de nuevos casos de ictus en los próximos años (7,8).

En este sentido, la implementación de nuevos dispositivos de RV en la rehabilitación de pacientes crónicos, parece introducir un nuevo enfoque de tratamiento, permitiendo desarrollar terapias seguras, a un precio asequible, de fácil uso, intensivas, individualizadas, facilitando la interacción en diferentes entornos y proporcionando el seguimiento objetivo del mismo (144) .

El propósito de este trabajo fue valorar la efectividad del sistema LMC<sup>®</sup> en la mejora de la funcionalidad del MS, a través de la fuerza de agarre, la destreza y la función motora, en personas con ictus crónico, en comparación con un grupo de tratamiento convencional. Del mismo modo, se quiso comprobar si la aplicación del protocolo de RV semi-inmersiva mediante el sistema LMC<sup>®</sup>, junto con un protocolo de fisioterapia convencional, mejoraba aspectos como la fuerza de agarre, la destreza, la función motora, la espasticidad, la calidad de vida, además de valorar la satisfacción respecto a la tecnología aplicada y la adherencia al tratamiento.

A la vista de nuestros resultados, no existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento convencional y el experimental, a excepción del subapartado ARAT D, por tanto, se considera que la terapia de RV podría emplearse como tratamiento complementario en pacientes con ictus en fase crónica. El sistema LMC<sup>®</sup> podría incluirse como una herramienta más en los centros de rehabilitación neurológica.

En nuestro conocimiento, la presente investigación supone el segundo ECA, tras el trabajo de Ogün et al. (186) (aunque con marcadas diferencias, que se detallan en profundidad más adelante), en el que se valora la efectividad del dispositivo LMC<sup>®</sup> en la mejora de la funcionalidad del MS en pacientes con ictus en fase crónica. Aunque existen

más trabajos en los que se ha valorado su efectividad, la calidad metodológica de los mismos es menor, y su uso se centró en fases agudas y subagudas del ictus (183).

La figura 19 representa un resumen de las características del estudio realizado, además de los principales resultados obtenidos, y servirá de guía en el desarrollo de este apartado.

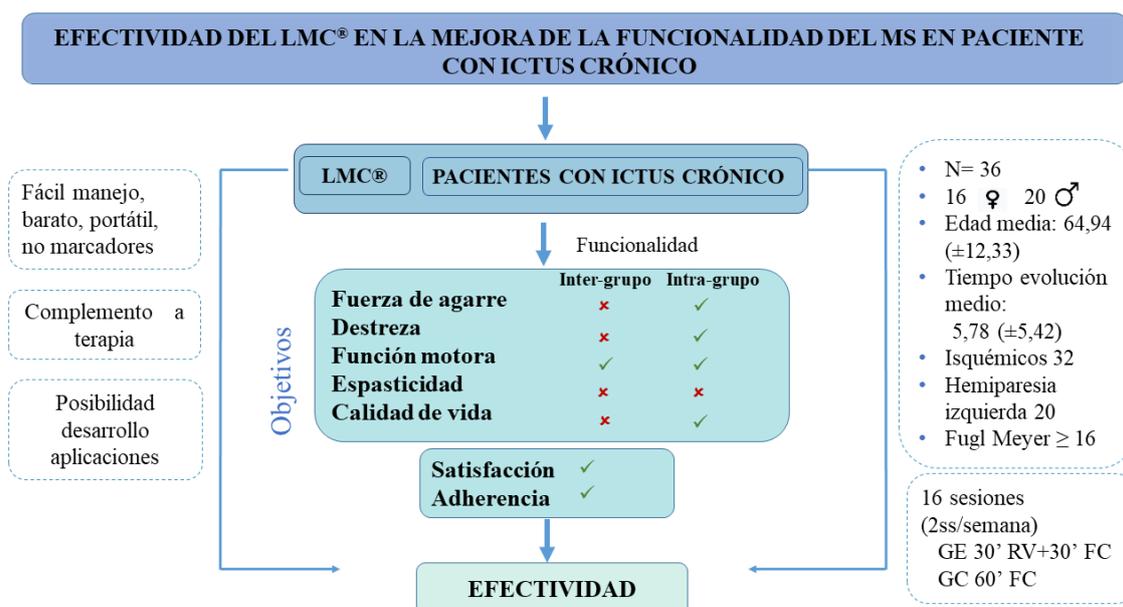


Figura 19. Resumen de las características del estudio y resultados obtenidos

El uso de la RV en neurorrehabilitación surgió con el fin de crear nuevas opciones más eficientes de recuperación funcional, generando diferentes entornos en los que desarrollar distintas tareas, siendo actualmente una potencial herramienta de tratamiento (214). La literatura actual recoge varias revisiones sistemáticas del uso de la RV en el paciente con ictus. Dos se circunscriben a pacientes crónicos (214,215), otro trabajo (216), aunque no delimita el tiempo de evolución, presenta una mayoría de estudios en fase crónica, y otras tres revisiones añan a partes iguales a pacientes subagudos como crónicos (143,176,217). En todas ellas, los resultados resultan heterogéneos debido a la diversidad de las muestras, de los dispositivos empleados, así como los protocolos de intervención llevados a cabo.

No todas las revisiones reflejaron el nivel de evidencia, ni el grado de recomendación de sus investigaciones, incluso no usaron las mismas escalas para ello.

Viñas et al. (143), mediante la Escala Oxford, clasificaron sus artículos con un nivel de evidencia 1b-2b y un grado de recomendación A-B. Otras dos revisiones (176,217) usaron el sistema GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*). En la revisión de Laver et al. (176), tras el análisis de los artículos que comparaban la aplicación de RV frente a un tratamiento convencional, el resultado fue de una calidad baja, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. El mismo resultado se alcanzó en los artículos que comparaban el uso de RV más el tratamiento convencional, frente a un GC que solo hacía terapia convencional. En cambio, en este último caso, se reflejó un efecto moderado a favor de aplicar la RV más un tratamiento convencional, aunque no llegó a alcanzar significación estadística. Aun así, estos autores (176) mencionan que sus resultados se pueden deber a los pequeños tamaños muestrales y a los resultados inconsistentes de cada estudio, además de a la falta de detalles en la descripción de las investigaciones. Jin et al. (217) diferencian entre artículos enfocados a mejorar la afectación motora, las AVD, y las tareas específicas, reflejando una calidad moderada, alta, y elevada, respectivamente.

A pesar de la disparidad de resultados, de niveles de evidencia y grados de recomendación, la RV es una herramienta poderosa que fomenta la neuroplasticidad al facilitar tratamientos con un número elevado de repeticiones, permitiendo hacer cambios en la dificultad de la tarea, y manteniendo a los pacientes motivados e involucrados durante la sesión de rehabilitación, incluso aunque no se consiga realizar la tarea completamente (217,218).

Uno de los retos a la hora de aplicar tratamientos de RV, es determinar el tipo de dispositivo que se quiere utilizar, ya que actualmente las opciones disponibles son diversas. Los más utilizados son las consolas Playstation® y el accesorio EyeToy® o los mandos PlayStation Move®, Nintendo Wii®, Xbox One® y el accesorio Kinect®, y el sistema GestureTekIREX® que, aunque está en el mercado, es un sistema más caro que las consolas estándar (143,176,214–217). Laver et al.(176) en su revisión de la Cochrane en 2018, registraron que el 31% de los estudios analizados usó sistemas comercialmente disponibles, mientras que el resto fueron a través de dispositivos/sistemas de RV personalizados. Aun así, también remarcan que el crecimiento del uso de sistemas disponibles en el mercado se incrementa de forma exponencial.

En este estudio se decidió utilizar el sistema LMC® por las ventajas que presenta frente a otros dispositivos (facilidad de uso, precio, portabilidad), por la escasez de ECA

en pacientes crónicos, así como por la creciente demanda de nuevas tecnologías en patología crónica. Aunque el LMC® es un dispositivo comercialmente disponible, necesita de un desarrollo personalizado del software que permita su uso (163–165). Este aspecto puede parecer un obstáculo a priori, ya que requiere de recursos humanos especializados, pero del mismo modo, es una ventaja que facilita la adaptación del juego a las necesidades de la población en la que se va a aplicar (165). En este sentido, coincide con los resultados vertidos por Laver et al. (176), donde los estudios analizados que usaron programas de juegos estándar no reflejaron mejoras significativas, frente a los que por el contrario, sí emplearon programas de RV diseñados específicamente para entornos de rehabilitación.

Un claro ejemplo que revela la apuesta por este dispositivo en nuestro país es que una empresa española comercializa juegos para el LMC®, y los exporta a diferentes hospitales y clínicas a nivel internacional. Incluso han creado un soporte que facilita la estabilización del MS para poder trabajar así de forma más específica los movimientos de la muñeca y los dedos, según las necesidades del paciente (219).

Otro de los retos es decidir si el tratamiento se realiza de forma complementaria a otro tipo de terapia o no. En la literatura actual, encontramos resultados positivos en ambas opciones. Al-Whaibi et al. (214) estudiaron en su revisión, la aplicación de RV frente a un GC de terapia convencional, y observaron que la mayoría de estudios revelaron una mínima diferencia significativa de la RV sobre los tratamientos convencionales, concluyendo que la eficacia de la RV es ligeramente superior. Otro estudio (217) sigue esta misma línea, exponiendo que la aplicación RV como única terapia mejora la función del MS y las AVD frente a intervenciones convencionales. Por el contrario, otros autores (143,176,216) exponen resultados positivos en la combinación de la RV y la terapia convencional, aunque en general se adolece de información específica sobre los protocolos de terapia convencional llevados a cabo.

Si nos ceñimos a los artículos de aplicación del LMC® en pacientes con ictus, también existen las dos opciones. En nuestro conocimiento, cuatro artículos (185,186,188,189) optaron por aplicar la RV como tratamiento único, mientras que tres de ellos (184,185,220) (Anexo 10) lo aplicaron en combinación con terapia convencional. En todos los casos se reportaron aspectos positivos.

Referente al tipo de juego y los diferentes entornos utilizados, la literatura revisada sobre el uso de LMC® en ictus (184–189,220) refleja que, aunque cada investigación

desarrolló juegos diferentes, todos están enfocados a mejorar déficits presentes en estos pacientes, como son la estabilidad proximal de la cintura escapular, movimientos de alcance a diferentes alturas, la flexo-extensión del codo, la pronosupinación del antebrazo, la flexo-extensión de los dedos y la prensión palmar, coincidiendo así con nuestra investigación.

Una reciente revisión (221) sobre el diseño de *serious games* en el ámbito de la neurorrehabilitación, nombra tres conceptos necesarios a la hora de desarrollar esta tecnología: género del juego (deportes, simulación de tiro, juegos de rol, elaboración de estrategias...), naturaleza del juego (perspectiva del jugador, modo de juego, entorno o escenario donde se lleva a cabo, nivel de inmersión) y estrategia de desarrollo del juego (disponibles en el mercado, o desarrollados específicamente para una población concreta). Los autores concluyeron que los juegos casuales (cualquier juego que implique la completación de tareas únicas y simples, sin vinculación a una historia o desarrollo extenso), diseñados específicamente para un tipo de pacientes, cuya perspectiva sea en primera persona, en los que se juega en modo de un solo jugador, y los que usan RV no inmersiva, obtuvieron mejores resultados clínicos. En contraste con esto, también exponen que los juegos comerciales se perciben más atractivos y motivantes, recalcando la necesidad de incidir en el futuro en este aspecto.

Por tanto, parece interesante conocer qué tipo de características intrínsecas del diseño de los juegos son más ventajosas para su aplicación en la práctica clínica, y para ello quizás sea necesario apostar, como hicimos en esta investigación, por equipos de clínicos e ingenieros que desarrollen de forma conjunta la tecnología óptima en beneficio del paciente.

Una de las ventajas que presenta este sistema es que se puede usar junto a otros dispositivos de RV. No solo el *feedback* visual, sino también el auditivo, y táctil pueden desempeñar un papel importante tanto en la mejora del aprendizaje de tareas motoras, como en la motivación y satisfacción (188). Ogün et al. (186), combinaron el sistema LMC<sup>®</sup> con las gafas de RV Oculus Rift<sup>®</sup>, incorporando así mayor grado de inmersión para los pacientes con ictus. Quizás tras analizar sus resultados, una opción valorable en futuras investigaciones sea incorporar gafas de RV, ya que es el estudio más semejante a nuestra investigación, al llevarse a cabo en fase crónica, y presentar un diseño similar.

Tras realizar una comparación de la literatura científica con relación al protocolo de RV, no existe consenso sobre la cantidad de terapia necesaria, ni tampoco sobre la

frecuencia e intensidad de esta. Laver te al. (176) consideraron que los estudios con mejores resultados son aquellos con dosis más altas (al menos 15 horas de duración, con disparidad en la frecuencia y la dosis de terapia); Viñas et al. (143) detectaron que la mayoría de las intervenciones tenían una duración de entre 30 y 90 minutos, implementadas a lo largo de 4 y 6 semanas; Lee et al. (215) exponen que se necesitan al menos 8 semanas para obtener beneficios de la RV; Aramaki et al. (216) determinaron que las sesiones de sus artículos revisados tenían una duración entre 30 y 60 minutos, y se prolongaron entre 6 y 8 semanas. También observaron, respecto a las sesiones semanales, el predominio de protocolos con duraciones cortas o moderadas y de bajas intensidades; Al-Whaibi et al. (214) analizaron estudios con duraciones (entre 3 y 12 semanas) e intensidades muy dispares (tratamientos intensivos con dos sesiones diarias, o protocolos con una única sesión semanal); Jin et al. (217) evaluaron estudios con duraciones medias de 30-60 minutos, entre 2 y 12 semanas, y la mayoría realizaba sesiones diarias.

De manera semejante ocurre en los protocolos de RV con el dispositivo LMC<sup>®</sup>, donde cada autor manejó tiempos, número de sesiones, y frecuencias diferentes (183). El tiempo dedicado a la RV osciló entre los 15 y 45 minutos (184–189,220), y en las intervenciones en las que se complementó con terapia convencional, el tiempo total de la sesión de tratamiento varió entre 60 (220), 90 (185) y 110 (184) minutos. El número de sesiones también fue dispar, aunque la mayoría de estudios realizaron entre 9 y 20 sesiones, distribuidas entre 4 y 12 semanas (183,220). En síntesis, la cantidad de terapia con el dispositivo LMC<sup>®</sup>, parece no ser un factor determinante en la mejora de la funcionalidad del MS, ya que, con tiempos, número de sesiones y frecuencias diferentes se han alcanzado mejoras significativas (183,220).

La literatura (176,184,185,215,216) reconoce como tratamiento convencional del MS, técnicas como las movilizaciones articulares, ejercicios de fuerza, estiramientos, ejercicios orientados a tareas funcionales, FNP, ejercicios de propiocepción, o ejercicios de alcance, agarre y manipulación, pero no hay establecidos parámetros concretos de su aplicación. Incluso en ocasiones (143,217), no se especifica el tipo de ejercicio o terapia llevado a cabo, sobreentendiendo como tratamiento convencional toda técnica o terapia que no sea susceptible de explicación detallada, por el simple hecho de que se lleve realizando décadas. Asumiendo la heterogeneidad de cada patología neurológica, y las peculiaridades únicas de cada paciente, quizás, sea necesario tender en futuras

investigaciones a especificar mejor cada tratamiento, con el fin de establecer protocolos efectivos. Dando respuesta a la necesidad de unificar criterios, incrementando así, el grado de evidencia.

Nuestro protocolo de intervención incluyó la restricción del tronco como herramienta para evitar los movimientos compensatorios en flexión y rotación de este, durante el tratamiento del MS. Aunque existen numerosos artículos (104,119–124) que han estudiado su aplicación en pacientes con ictus, es un aspecto en el que no existe consenso, y en nuestro conocimiento, no es una práctica que se haya explorado durante intervenciones de RV.

Todos los estudios valorados en relación a este punto (104,119–124), muestran sus resultados en pacientes crónicos, con grados de afectación del MS entre moderados y severos, y en todos ellos el tratamiento de elección fueron entrenamientos en tareas específicas, ejercicios funcionales de alcance o terapia de restricción del lado sano. Dos (119,122) de las tres revisiones sistemáticas al respecto, concluyen que la restricción del tronco parece ser una técnica simple y efectiva en el tratamiento del MS. En cambio, en la otra revisión (104) los resultados no obtuvieron la suficiente evidencia. El resto de los artículos revisados también muestran opiniones diferentes. Tres de ellos (120,123,124) se decantan por esta técnica de tratamiento, mientras que Lima et al. (121), no observaron diferencias entre los dos grupos de su intervención. Tampoco existe consenso respecto al tipo de dispositivo elegido para llevar a cabo la restricción del tronco. Aun así, la opción mayoritaria revisada fue la aplicación de cinchas acolchadas por delante de la articulación glenohumeral y en forma de guarismo en ocho, a modo de arnés, con sujeción en la parte posterior del asiento (104,119–121,123,124). Otros autores usaron *feedback* auditivos, y cinturones o cinchas (122) a nivel abdominal, compartiendo esta última opción en nuestro trabajo, al considerar que es la forma más cómoda para el paciente, y la que proporciona el *feedback* propioceptivo suficiente sin percibirse como una aplicación rígida.

Sabemos que ante el déficit de coordinación entre los movimientos del hombro y del codo, el tronco adquiere un protagonismo alterado, con el fin de alcanzar el objetivo. Esta integración prematura del tronco en el patrón cinemático del movimiento de alcance, en pacientes con ictus, se puede deber a la necesidad del SNC de reorganizar el reclutamiento de los diferentes grados de libertad de las articulaciones disponibles, obligado por las limitaciones en otros segmentos (222). En pacientes crónicos, por la instauración de los patrones compensatorios, es más difícil aislar el movimiento del MS

durante el tratamiento. Aun así, creemos que los problemas derivados del uso a largo plazo de estos patrones (limitación del rango de movimiento, contracturas musculares, dolor, debilidad muscular, desuso, aumento del gasto energético) (104,119) son una razón más que considerable para trabajar de una forma más selectiva. Esta apuesta no significa negar que el proceso de compensación es necesario en estos pacientes para llevar a cabo la función motora, y que junto al proceso de recuperación, ambos conviven con el fin de realizar movimientos efectivos y eficientes (59).

Otro aspecto incorporado a nuestro protocolo fue la indicación de mantener el contacto de la mano que no estaba realizando la terapia (cuando el juego requería trabajar de forma unilateral) sobre la superficie de la mesa. Franzén et al. (129) y Champion et al. (130) sugieren que el contacto táctil de las manos sobre una superficie estable, provoca un aumento del tono muscular axial, reduciendo las posibles oscilaciones posturales, contribuyendo por tanto, en la mejora del esquema corporal del paciente, y generando estabilidad para poder llevar a cabo los movimientos del MS. Es otro componente añadido al protocolo de RV con el LMC<sup>®</sup> que, en nuestro conocimiento, tampoco se ha incluido en ningún estudio previo (183).

La mayoría de las AVD requieren de los dos brazos para llevarlas a cabo. En cambio, el enfoque predominante en la rehabilitación del MS tras un ictus, ha sido, durante años, mejorar el movimiento del MS afecto (223). No debemos obviar los datos que apuntan a que estos pacientes también tienden a sufrir alteraciones en el lado no afecto, como la falta de estabilización de la escápula, disminución en la rotación externa del húmero, y enlentecimiento en la actividad muscular de la muñeca (97–99). El entrenamiento de la coordinación bimanual es una necesidad, ya que conduce a una recuperación funcional más completa (se activan los dos hemisferios, lo que reduce la inhibición entre ambos, favoreciendo la recuperación del lado afecto), repercutiendo en la participación y en último término, mejorando la calidad de vida del paciente (223,224). En este sentido, la mayoría de los estudios que emplearon el sistema LMC<sup>®</sup> (184–187,220), desarrollaron *serious games* que requerían el uso bilateral de los miembros superiores.

Es importante recalcar que ninguna de las investigaciones previas (184–189,220) sobre el uso del LMC<sup>®</sup> en pacientes con ictus, realizó una valoración de seguimiento para comprobar si las mejoras obtenidas tras la aplicación del protocolo de RV se mantenían o no en el tiempo, al contrario que nuestro estudio, donde se estableció una última

valoración al mes de concluir la intervención. En este aspecto, nuestro trabajo coincide con lo propuesto en la revisión de Jin et al. (217), donde se estableció el periodo de cuatro semanas como el más adoptado en estudios de RV en pacientes con ictus.

Con relación a las características de la muestra de la presente tesis doctoral, la edad media fue de 64,94 ( $\pm 12,33$ ) años, estando en consonancia con los estudios analizados donde el LMC<sup>®</sup> fue el dispositivo de elección. Los participantes recogidos en estas investigaciones presentaban edades medias de 62,7 (188), 58 (189), 71,5 (184), 53,4 (185), 61,5 (186), 59,5 (220) y 68, 2 (187) años. Todos estos resultados se contraponen con las falsas creencias pasadas donde se consideraba al ictus una patología que únicamente sufrían personas de avanzada edad. Actualmente sabemos que aparecen nuevos casos en diferentes franjas de edad, incluso en las últimas décadas el número de nuevos casos ascendió entorno al 30% entre los 20 y 64 años, presumiblemente debido a factores de riesgo vasculares y estrés psicosocial (8,11,216).

El tamaño muestral de nuestro trabajo es el segundo mayor, en nuestro conocimiento, de las investigaciones sobre el uso del LMC<sup>®</sup> en pacientes con ictus (183), solo por detrás del artículo de Oğün et al. (186). Así mismo, es importante recalcar que este autor presenta un porcentaje de alrededor del 30% de abandonos en su investigación (186). Parece oportuno recalcar este aspecto porque, aunque es más de lo que suelen manejar estudios en este ámbito (menos de 25 participantes) (176), en la mayoría de investigaciones dentro del campo de la neurorrehabilitación, el escaso tamaño muestral suele aparecer como una limitación recurrente (225). En este sentido, Boukrina et al. (225) subrayan la necesidad de adaptar las características de los participantes en estudios de rehabilitación, así como el análisis estadístico realizado, ya que la idea de relacionar tamaños muestrales pequeños con resultados no válidos, se debe matizar y supone un desafío en investigaciones en neurorrehabilitación.

Atendiendo a la diferenciación por sexos, la mayoría de los estudios revisados (185–188) presentan mayor número de hombres en sus muestras, al igual que nuestro trabajo. Estos datos coinciden con las estadísticas sobre las tasas de incidencia de ictus, exponiendo un menor número de casos en mujeres menores de 75 años, respecto a los hombres (12). Únicamente en dos artículos donde se empleó el LMC<sup>®</sup> en pacientes con ictus, las muestras fueron equitativas entre ambos sexos (184,220).

El conjunto de artículos revisados (184–189,220) reflejó el ictus isquémico como el tipo de ictus mayoritario, coincidiendo con nuestra muestra y con el porcentaje actual

de casos de ictus isquémicos frente a los hemorrágicos (5) . En cambio, en lo referente al lado afecto, no hubo tanta unanimidad. En dos artículos (188,220) la afectación del lado izquierdo fue predominante, frente a cuatro (184–187) donde la hemiparesia derecha estaba más presente. Únicamente un autor (189) no reportó ningún dato ni respecto al tipo de ictus, ni sobre el tipo de hemiparesia.

El tratamiento en entornos virtuales implica la comprensión de órdenes, y es necesario establecer normas comunes para determinar cuál es la capacidad mínima necesaria para poder participar en estas terapias, pero por ahora no hay consenso (184). Problemas de memoria, atención, velocidad de procesamiento, o razonamiento, son comunes en pacientes con ictus, y pueden dificultar o comprometer los resultados de la intervención (31–33). No en todos los estudios con LMC<sup>®</sup> en pacientes con ictus, se estableció un requisito mínimo a nivel cognitivo (188,220). Los que sí lo hicieron, tampoco usaron las mismas escalas, ni los mismos límites. Fluet et al. (189) y Vanbellingen et al. (187) usaron la *Montreal Cognitive Assessment*, aunque el primero estableció puntuaciones iguales o mayores a 22 como criterio de inclusión, y el segundo descartó a pacientes con puntuación menor a 14. Otros dos artículos aplicaron la escala *Mini-Mental State Examination*, con puntuaciones necesarias mayores o iguales a 25 (184,186), coincidiendo así con nuestro trabajo. Por último, Wang et al. (185), aunque comentaron como criterio de inclusión la ausencia de afectación cognitiva, no la detallaron.

Uno de los grandes problemas que presenta la investigación en pacientes neurológicos es la falta de consenso a la hora de establecer criterios comunes que sirvan de punto de partida en relación con la afectación del MS de los pacientes. La heterogeneidad en la sintomatología del MS en el ictus, dificulta la tipificación de los pacientes, pero se antoja necesario enmarcarlos bajo los mismos criterios de afectación (183). A pesar de la existencia de la NIHSS, que proporciona un marco claro sobre el nivel de afectación en pacientes con ictus (37), los artículos que emplean LMC<sup>®</sup> no la recogieron, al igual que nuestra investigación. Cada autor fijó sus propios criterios de inclusión con distintas escalas sobre movilidad o nivel funcional, incluso dos de ellos no detallaron ningún dato al respecto (188,189). Wang et al.(185) y Ogün et al.(186) incluyeron pacientes con un nivel funcional de la mano y MS mayor de 4 según el enfoque de Brunnstrom. Iosa et al. (184) no lo abordaron como criterio de exclusión, pero valoraron a sus participantes con el índice de Barthel, encontrando diferencias entre ellos.

Así mismo, otras escalas sobre aspectos de funcionalidad también se incluyeron con el fin de contextualizar a los pacientes. Vanbellinghen et al. (187) emplearon la *Medical Research Council scale*, observando la fuerza muscular como criterio necesario para la intervención. Otros estudios incluyeron la NHPT (187), la Escala Modificada de Ashworth (186), la escala Fugl-Meyer de la extremidad superior, BBT o la *Functional Independence Measure scale* (188). Coincidiendo con este último artículo, nuestro trabajo incluyó también la valoración de Fugl-Meyer de la extremidad superior, estableciendo como criterio de inclusión valores o iguales a 16 puntos.

Respecto a los diferentes aspectos de funcionalidad del MS, el presente trabajo analizó la fuerza de agarre, la destreza, y la función motora. Además, se valoró la espasticidad, y la calidad de vida respecto al MS.

Sabiendo que la debilidad muscular es la afectación más común del MS tras un ictus (192), es necesario considerar la fuerza como un parámetro imprescindible en los estudios que incluyan valoraciones o tratamientos del mismo. La fuerza del lado afecto explica el rendimiento del MS en las AVD (226), y en concreto la fuerza de agarre, es una medida representativa de la debilidad muscular de todo el MS en fases crónicas (192). Del mismo modo, es importante resaltar que la ganancia de fuerza no implica un aumento del tono muscular, ni dolor, ni exacerbación de la espasticidad (227). Otro motivo que invita a considerar la fuerza un aspecto determinante, es que estos pacientes tienen un 13,8% menos de densidad ósea en el MS afecto en comparación con el sano, con un riesgo de fractura del MS que llega a suponer entre un 27-36% de las fracturas totales (228). La causa de esta pérdida ósea puede ser consecuencia de la disminución del uso del MS afecto, debido a la debilidad muscular, la espasticidad o la merma de habilidades motoras (228).

Nuestro análisis no reveló, en la comparación inter-grupo de la variable fuerza de agarre, diferencias significativas, aunque sí mejoras en ambos grupos. Pero en cambio, sí aparecieron en el análisis intra-grupo, donde el GE reflejó una mejora entre la valoración pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p=0,021$ ), y entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p<0,001$ ). Todas estas mejoras, estuvieron por debajo del rango de 4,7-6,2 kgs, considerándose el cambio sensible necesario de la prueba en pacientes con ictus (195). Del mismo modo, coincidiendo con la literatura y aunque no se analizó la correlación entre ambas variables, este aumento de fuerza no se tradujo en un aumento de la espasticidad, ya que esta no aumentó. Todos los autores que midieron la fuerza de agarre

usando el LMC<sup>®</sup> obtuvieron mejoras significativas. Vanbellingen et al. (187) consiguieron mejorar la fuerza de agarre de sus participantes un 11,3% en una intervención única de RV. Igualmente, pero en combinación con terapia convencional, se consiguieron mejoras (184,220). Iosa et al. (184) las atribuyen a que el sistema LMC<sup>®</sup> permite capturar y reproducir movimientos con todos los grados de libertad en la muñeca y dedos.

El hecho de que el GC de nuestro ensayo también reportara mejoras en la fuerza, entendemos que se puede explicar por el hecho de que el protocolo de fisioterapia convencional incluía trabajo de fortalecimiento y ejercicios de tareas funcionales, aspectos que se han descrito como necesarios para mejorar la fuerza en pacientes con ictus (227).

En nuestros hallazgos respecto a la destreza, y tras analizar los resultados inter-grupo del BBT, pudimos observar que no se objetivaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Aun así, ambos grupos alcanzaron el mínimo cambio detectable necesario (1,99 bloques) para traducirse en mejoras clínicas en la mano afectada (198). El GC obtuvo una mejora de 2,33 bloques, y el GE casi duplicó esta cifra, con 3,94 bloques (DM entre el pre-tratamiento y seguimiento). El análisis intra-grupo sí alcanzó significación ( $p < 0,001$ ). En ambos grupos se consiguieron mejoras entre la valoración pre-tratamiento y el seguimiento (GC  $p = 0,014$ , y el GE  $p < 0,001$ ), y además, el GE también lo obtuvo entre el pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p = 0,001$ ), y el GC entre el pos-tratamiento y seguimiento ( $p = 0,005$ ). El BBT también fue el test de elección de otros autores (189,220) para medir la destreza manual gruesa, mostrando en ambos casos significación. En cambio, otros dos estudios se decantaron por el NHPT, como método para evaluar la destreza fina. Iosa et al. (184) no obtuvieron significación, aunque sí mejoras, y en cambio Vanbellingen et al. (187) sí alcanzaron diferencias significativas. Cabe remarcar que, en estas dos investigaciones, alguno de los juegos desarrollados implicaba realizar movimientos selectivos de los dedos, al contrario que los desarrollados para nuestro estudio. Otro autor (185) también desarrolló este tipo de juegos, pero en cambio no evaluó la destreza, ni gruesa ni fina.

Actualmente, existen fuertes evidencias científicas sobre los beneficios de los protocolos de RV en la mejora de la función motora en pacientes con ictus. Es uno de los aspectos más abordados en investigaciones sobre RV, y existen diferentes herramientas para su valoración (143,216). En nuestro caso empleamos el ARAT, el cual distingue

diferentes funciones motoras como son el agarre, la prensión, la pinza y los movimientos gruesos del MS (199). Nuestros resultados solo reflejaron significación en la comparación inter-grupo en la valoración pos-tratamiento ( $p=0,044$ ) del subapartado ARAT D sobre movimientos gruesos. Además, en las valoraciones intra-grupo apareció significación en la variable ARAT total entre el pre-tratamiento y el pos-tratamiento ( $p=0,002$ ), así como en los subapartados A (agarre) ( $p=0,029$ ) y C (pinza) ( $p=0,009$ ) entre las comparaciones pre-tratamiento y seguimiento. En la presente investigación, a pesar de las mejorías en todos los subgrupos, y de las significaciones obtenidas, no se alcanzaron diferencias mínimas clínicamente importantes en ningunos de los dos grupos de tratamiento. Se ha establecido una puntuación de 5,7 como el valor que determina estas diferencias mínimas (186), y en nuestro caso todas las mejoras se quedaron por debajo de este dato. Dos trabajos (186,220) utilizaron este test en su investigación sobre LMC<sup>®</sup> e ictus, reflejando en ambos casos diferencias significativas. En cambio, en uno de ellos (186), y al contrario que en nuestros resultados, sí se obtuvieron diferencias mínimas clínicamente importantes en el GE, quizás debido a que su protocolo fue más intensivo (tres sesiones semanales durante 6 semanas, empleando como única terapia la RV), y/o que su intervención fue inmersiva al combinar el LMC<sup>®</sup> con las gafas Oculus Rift<sup>®</sup>. No obstante, los autores no desglosaron sus resultados en subgrupos diferenciando las distintas funciones motoras. Otras escalas y test se emplearon para valorar la función motora en distintos estudios con el LMC<sup>®</sup>. Wang et al. (185) usaron el WMFT encontrando significación en ambos grupos. Otros tres estudios emplearon la escala Fugl Meyer de la extremidad superior, y en dos de ellos (186,189) hubo mejoras significativas, y en otro, aunque sí aparecieron mejoras, no resultaron significativas (187).

Con el fin de recabar más información sobre la función motora del MS de los participantes, decidimos incluir el cuestionario DASH. Aunque nos basamos en una opinión subjetiva del paciente, nos permitió medir y cuantificar qué grado de dificultad tenían al realizar ciertas AVD. A pesar de ser un cuestionario validado en pacientes con ictus, su uso no está muy extendido en relación a la RV, como hemos podido comprobar tanto en diferentes revisiones sistemáticas (143,176,214–217), como en artículos donde se utilizó LMC<sup>®</sup> en relación al ictus (184–189,220). Nuestros resultados no evidencian diferencias significativas en la valoración inter-grupo, en cambio en la valoración intra-grupo aparecieron mejoras en el GE entre el pre-tratamiento y pos-tratamiento ( $p=0,004$ ),

y entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p=0,007$ ). El GC también alcanzó significación entre el pre-tratamiento y el seguimiento ( $p=0,035$ ).

En relación con la espasticidad, nuestros resultados indican que en pacientes crónicos resulta complicado modificar este parámetro. Únicamente se observó significación en el análisis inter-grupo ( $p=0,022$ ) en la valoración pre-tratamiento del hombro, constatando diferencias basales entre ambos grupos. El resto de las mediciones no sufrieron cambios en ninguna de las tres valoraciones, tanto en el GE como en el GC. En comparación con otros estudios, solo uno (184) valoró la espasticidad tras el tratamiento con el LMC<sup>®</sup>, y al contrario que nosotros, uno de sus pacientes mejoró en un punto el nivel de espasticidad en la muñeca, y dos de ellos la redujeron otro punto en el hombro, aunque estos resultados habría que tomarlos con cautela, ya que su tamaño muestral fue tan solo de 4 participantes. Lo mismo ocurrió en tres revisiones sistemáticas sobre el uso de RV enfocadas íntegramente al paciente crónico con ictus (215–217), donde resulta destacable que sólo un artículo, de un total de 74, evaluara la espasticidad. Tal vez, lo más relevante sea que la intervención no provocó un aumento de la espasticidad, tal y como expusieron Fluet et al. (189) y como revelan también nuestros resultados.

Aunque la Escala Modificada de Ashworth sea la herramienta manual de referencia para evaluar la espasticidad, existe controversia por si ha de seguir siéndolo (229). La resistencia al movimiento pasivo no es únicamente debido a la actividad muscular refleja, sino que también influyen las características mecánicas no neurales. En pacientes crónicos, es común que las propiedades viscoelásticas de las estructuras articulares y tejidos blandos estén frecuentemente alteradas. Algunos autores proponen usar esta escala en conjunto con sistemas instrumentales monitorizados o electromiografía (229), y otros autores en cambio, se decantan solo por los sistemas instrumentales (230). El objetivo sería poder discriminar de forma precisa estos componentes, comprender su influencia en la recuperación motora y optimizar de forma individualizada las opciones de tratamiento. Quizás este argumento justifique por qué la espasticidad no sea una variable que se analice en demasía en los estudios de RV, en el paciente crónico.

El sentido último del tratamiento de pacientes con ictus es la mejora de su calidad de vida. En torno al 90% de los supervivientes de ictus sufre algún tipo de secuela, y concretamente la afectación del MS se vuelve crónica para casi la mitad de ellos,

repercutiendo en su independencia y calidad de vida (74,75). La percepción de la calidad de vida de estos pacientes frente a la de la población general está disminuida, presumiblemente debido a factores como la depresión, la dependencia de una tercera persona a nivel motor, y la manifestación de necesidad de ayuda (231).

Se considera que la calidad de vida es un concepto subjetivo sobre el bienestar del paciente, pero también engloba signos objetivos de funcionalidad. A pesar de las recomendaciones y directrices en la rehabilitación del paciente con ictus, donde se indica la necesidad de incluir esta herramienta como medida para valorar la participación del paciente en la sociedad, no es una práctica frecuente (143,216). De igual modo, existen diferentes instrumentos para su cuantificación, y lo podemos comprobar tras la revisión de la literatura. En la revisión de Laver et al. (176) solo en 3 artículos de un total de 22, se valoró la calidad de vida, concluyendo una calidad baja de evidencia, en artículos que valoraron el uso de RV frente a un tratamiento convencional. En este caso, un trabajo (232) empleó la *European Quality of Life-5 Dimension* sin obtener significación, mientras que dos estudios (233,234) usaron el cuestionario SF-36 consiguiendo significación en los ítems de rol y función físicos. Además, en ninguna investigación donde se aplicaba RV en combinación con un tratamiento convencional, se llevó a cabo esta evaluación. En otra revisión (143), solo un artículo hizo este análisis a través de la escala *Stroke Impact Scale*, sin significación estadística. Aramaki et al. (216) recogieron 3 artículos y Lee et al. (215) 2 en sus respectivas revisiones, con resultados dispares sobre mejoras en la calidad de vida. Dos no evidenciaron cambios a través de la *Stroke-Specific Quality of Life Scale* (SSQOL), mientras que tres, dos con la SF-36, y otro con la SSQOL, informaron de mejoras. En la revisión de Jin et al. (217), 12 artículos mediante diferentes herramientas (*Stroke Impact Scale*, *European Quality of Life-5 Dimension*, SF-36, y *12-item Short Form Survey*) evaluaron la calidad de vida, pero los autores no realizaron análisis cuantitativo debido a la heterogeneidad de las medidas de resultado. Por último, Al-Whaibi et al. (214), a pesar de enfocar su revisión en el paciente crónico, no incluyeron el análisis de la calidad de vida.

En todos los artículos revisados sobre el LMC® en el paciente con ictus, ninguno realizó un análisis de la calidad de vida, excepto una investigación piloto que realizamos (220), donde solo hubo significación en el ítem del dolor, al igual que en la presente tesis doctoral. Una explicación a estos resultados puede ser que, aunque el cuestionario SF-36 es el más utilizado para valorar la calidad de vida, sus ítems cuestionan aspectos que en

pacientes crónicos suelen estar muy instaurados (231), y que en dos meses es difícil modificar. En cambio, aunque el dolor en el paciente con ictus puede tener diferentes orígenes (autonómico, central, psicológico, y periférico) (235), los participantes de este estudio asociaron este ítem de dolor corporal, a un dolor de origen periférico (musculoesquelético), el cual puede ser atribuible a momentos puntuales, y no tan establecidos como el resto. Aun así, ningún paciente informó previamente de dolor de origen central, autonómico o psicológico, y tampoco se realizó ninguna valoración al respecto. El trabajo de Marco et al. (231) observó que el dolor corporal fue el único ítem que estos pacientes no percibieron inferior respecto a la población general, deduciéndose su capacidad de modificación.

Para extraer datos más concluyentes sobre la calidad de vida, se debería haber tenido en cuenta diferentes variables demográficas como, el nivel de ingresos, el tipo de domicilio, el número de convivientes, la situación laboral, el nivel de estudios o la prestación de ayudas sociales. Estas variables han demostrado ser determinantes para la evaluación la calidad de vida en pacientes con ictus crónico (231).

La opinión del paciente es fundamental en todo proceso de neurorrehabilitación, y en nuestra investigación usamos un Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología realizado ad hoc, el cual constó de 9 ítems, con una puntuación máxima de 4 puntos en cada uno de ellos. En términos generales se alcanzó un nivel satisfactorio, con una puntuación total de 29,83 sobre un máximo posible de 36 puntos. Los problemas técnicos ocurridos durante la intervención fue el ítem que peor puntuación obtuvo (2,56). En concreto, la falta de señal del dispositivo fue una demanda recurrente por parte de los pacientes. Este aspecto coincide con Iosa et al. (184), quienes lo atribuyen a la falta de capacidad de los sensores del LMC<sup>®</sup> para seguir los movimientos de los dedos cuando las manos están superpuestas, o bien cuando existe un alto nivel de espasticidad. Este mismo problema también lo pudimos constatar en un estudio previo (220), obteniendo de igual modo la puntuación más baja posible del cuestionario. El siguiente ítem con peor puntuación (2,78) fue el uso de dispositivos electrónicos, con el cual quisimos conocer la frecuencia con la que los participantes usaban o bien el teléfono móvil, el ordenador, o las video consolas. Aunque la edad media del GE fue de 60,33 años, asociamos que a mayor edad menor frecuencia en el uso de este tipo de dispositivos y, por consiguiente, mayor dificultad de uso. Sin embargo, esta cuestión la abordó otro artículo (184), en el

que se aplicó el dispositivo LMC® en pacientes mayores en fase subaguda, no reflejando la muestra problemas en su uso, si bien la satisfacción de los participantes no fue valorada.

Por el contrario, los ítems mejor puntuados fueron la incorporación de nuevas tecnologías al proceso de rehabilitación y la ayuda del terapeuta durante la intervención, sobre todo en las primeras sesiones de tratamiento, ambos con una puntuación de 3,83 puntos. Se constata así la demanda del uso de nuevas tecnologías por parte de los pacientes con afectación neurológica (176,215). La ayuda de un terapeuta durante el periodo de juego también apareció en otros estudios similares (184,185,187,220), concluyendo al igual que nuestro trabajo, la ventaja de contar con un clínico cerca al inicio de la intervención.

El dolor fue otro de los ítems del cuestionario que mejor puntuación obtuvo (3,61), reflejando así, que este tipo de terapia no provoca efectos adversos en cuanto a dolor ni a la fatiga. Solo en algunos pacientes se informó, al final de la sesión de tratamiento, de escasos efectos secundarios a modo de pequeñas molestias en el hombro, compatibles con sobrecargas tendinosas que tras el uso de la terapia desaparecieron, y que en ningún momento precisó interrumpirla. Tampoco se reflejó ningún otro tipo de molestia, ya que como indican Ogün et al. (186) la nueva generación de dispositivos de RV evitan síntomas como el mareo, las náuseas, y el dolor de cabeza, siendo la mayor ventaja en comparación con los dispositivos más antiguos.

Únicamente Fluet et al. (189), empleando la escala validada *Intrinsic Motivation Inventory*, midieron la motivación de los participantes, sugiriendo que prestar atención a la motivación en este tipo de intervenciones podría tener un importante impacto sobre la adherencia en programas de rehabilitación de tres meses. Otro estudio (187) elaboró un cuestionario de preguntas abiertas sobre su experiencia, y otro (185) simplemente informó de una valoración positiva por parte de los pacientes. En consonancia con estos resultados están los nuestros, donde los pacientes dieron una puntuación de 3,56 puntos a la motivación que les proporcionó nuestra intervención.

El resto de los ítems, facilidad de uso, experiencia, utilidad, lograron puntuaciones también elevadas ( $\geq 3$ ), lo que se traduce en el conjunto del cuestionario que el LMC® resulta una intervención segura, motivante y de fácil uso.

La satisfacción reportada durante el tratamiento se reflejó en el nivel de adherencia. En los dos grupos fue muy elevada, 97,93% en el GC y 98,63% en el GE, no

pudiéndose atribuir la diferencia entre ambos al uso de la RV. Los motivos por los que algunos pacientes no completaron el 100% de la intervención fueron la dependencia en cuanto al transporte, necesitando de una segunda persona para el traslado al centro correspondiente, y la situación de pandemia vivida durante los últimos años. Así mismo, ningún paciente abandonó la intervención.

El análisis de nuestros resultados, en el que no se observan diferencias relevantes entre ambos grupos, pero sí en el GE, junto con los datos obtenidos del Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología, y los porcentajes de adherencia, creemos pudieran ser motivos que justificarían la introducción del LMC<sup>®</sup>, como instrumento de intervención en el paciente con ictus. De esta forma, se podrían crear protocolos de RV al objeto de mejorar la funcionalidad del MS, utilizados como complemento a la terapia convencional, incrementando el tiempo total de tratamiento.

Este tipo de patología, como la gran mayoría de las enfermedades neurológicas crónicas, dados los recursos asistenciales disponibles, no permite que estos pacientes sean tratados de forma continua en el tiempo, siendo dados de alta en los servicios de rehabilitación en torno a los 6 meses (47,51). La evidencia actual ha demostrado que en el paciente crónico las mejoras en la funcionalidad son aún posibles (51). Esto debería obligar a modificar el paradigma de la atención de estos pacientes, si bien, los recursos disponibles actuales impiden que esto sea así, entrando únicamente en los programas de rehabilitación nuevamente ante situaciones muy concretas. El empleo de la RV, fácilmente implementable en el domicilio, a través de la telerrehabilitación, pudiera ofrecer una herramienta útil. Existen investigaciones que sostienen los mismos resultados clínicos en tratamientos de telerrehabilitación en comparación con el tratamiento presencial en pacientes con ictus (236). En las fases crónicas, parece interesante introducir esta herramienta por su capacidad inherente de aumentar la cantidad de repeticiones y el nivel de intensidad de la terapia (237). El principal escollo que presenta este tipo de terapias es la falta de seguimiento, y el posible mal uso provocando compensaciones durante la terapia. Para ello, varios autores han propuesto plataformas de *serious games* junto con sesiones de telerrehabilitación donde los clínicos puedan ajustar y corregir los ejercicios (237–239). Conociendo las ventajas que presenta el sistema LMC<sup>®</sup>, cabría pensar que es susceptible de formar parte de este tipo de intervenciones. Aunque todavía no hay estudios que lo propongan, en esta línea, un estudio (189) ya realizó su

intervención en el domicilio de los pacientes, y otro (187) remarcó la inquietud de un participante por seguir la terapia en su vivienda.

## 2. Relevancia clínicas y líneas de investigación futuras

Los hallazgos encontrados en la presente tesis doctoral invitan a explorar nuevos enfoques de tratamiento, con relación a la funcionalidad del MS en pacientes con ictus crónico.

Aunque el presente estudio no haya demostrado diferencias significativas respecto al GC, a excepción del subapartado ARAT D, las mejoras observadas en el GE, en la fuerza de agarre, la destreza, la función motora y la calidad de vida, permiten pensar en la realización de nuevas investigaciones que ahonden más en aspectos de funcionalidad del MS. Debido a la escasez de estudios con valoraciones de seguimiento, en el futuro resultan imprescindibles valoraciones a medio y largo plazo.

Aunque la afectación del MS es heterogénea en el ictus, es necesario tender a estudios con muestras estratificadas en función de la afectación motora. Quizás sea la forma más efectiva de poder extrapolar los resultados de las investigaciones a la realidad clínica.

Según los resultados de nuestro estudio, parece oportuno crear protocolos de RV junto con el dispositivo LMC<sup>®</sup>, en combinación con el tratamiento convencional, incrementando el tiempo de terapia a través de una herramienta motivante y de fácil uso.

Creemos necesario un mayor y fácil acceso a *serious games* específicos para esta población, que permitan un auge de este tipo de terapias en centros de rehabilitación. La máxima individualización dada la heterogeneidad de la afectación del MS. Del mismo modo, se antoja necesario que estos juegos sean más motivantes, ya que actualmente los juegos comerciales recogen mejores opiniones al respecto.

De igual modo, es imprescindible mejorar la sensibilidad de los sensores del dispositivo, ya que los problemas técnicos no deben empañar las ventajas de este sistema. La falta de reconocimiento cuando las manos están superpuestas, o cuando el paciente sufre espasticidad, provocan disminución de la motivación y satisfacción del paciente.

Sabiendo de la necesidad de terapias motivantes en pacientes crónicos, que ayuden a mejorar los niveles de adherencia en esta fase, no se debe perder esta oportunidad.

Los limitados recursos asistenciales en fase crónica, sumado a la situación de pandemia vivida en los últimos años donde se ha obligado a hacer telemedicina, ha puesto de manifiesto la importancia de la telerrehabilitación y, desde luego, en ella, la RV tiene un papel clave en la rehabilitación de los procesos neurológicos. Creemos que las características del sistema LMC<sup>®</sup>, sumado a las estimaciones de nuevos casos de ictus en los próximos años, hacen que esta herramienta pueda formar parte de este tipo de rehabilitación en futuras investigaciones.

### **3. Limitaciones del estudio**

El presente estudio no está exento de limitaciones, siendo necesario comentarlas y tener en cuenta para futuras investigaciones. La mayor limitación fue la falta de estratificación de los pacientes en relación con su nivel de afectación. Esto hubiera permitido valorar con mayor precisión los resultados, ya que es una forma de homogeneizar la muestra, dada la heterogeneidad clínica inherente a la afectación del MS en el ictus. Por esta misma razón, junto con la necesidad de contar con un tamaño muestral mayor, nuestros resultados no se pueden extrapolar a toda la población de ictus crónico.

La diferente procedencia de los pacientes supone una limitación. Aunque se dieron unas pautas y directrices comunes, la terapia fue aplicada por distintitos terapeutas y, por tanto, cada uno desarrolló su trabajo de una forma distinta.

Para determinar la efectividad completa del LMC<sup>®</sup> como herramienta en el tratamiento de pacientes con ictus crónico, no se tuvieron en cuenta otro tipo de comparaciones como el tratamiento convencional frente al protocolo de RV sin añadir ninguna terapia complementaria, o la comparación con otro tipo de dispositivos de RV.

# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

Los resultados de la presente tesis doctoral permiten extraer las siguientes conclusiones:

1. El uso del sistema LMC<sup>®</sup> en un protocolo de RV semi-inmersiva, como complemento a un tratamiento de terapia convencional, provoca mejoras en la funcionalidad del MS a través de la fuerza de agarre, la destreza y la función motora, en pacientes con ictus crónico. Sin embargo, estas mejoras no son superiores a las obtenidas con la fisioterapia convencional, excepto para los movimientos gruesos (ARAT D).
2. El uso del sistema LMC<sup>®</sup> en un protocolo de RV semi-inmersiva, como complemento a un tratamiento de terapia convencional, no produce cambios sobre la espasticidad del MS en pacientes con ictus crónico, evaluada mediante la Escala Modificada de Ashworth.
3. El uso del sistema LMC<sup>®</sup> en un protocolo de RV semi-inmersiva, como complemento a un tratamiento de terapia convencional, provoca mejoras respecto al dolor corporal en pacientes con ictus crónico, mediante la evaluación del cuestionario SF-36.
4. Los pacientes con ictus crónico que completaron el protocolo de tratamiento combinado de RV semi-inmersiva y terapia convencional, reflejaron a través del Cuestionario de Satisfacción con la Tecnología, que el sistema LMC<sup>®</sup> es un dispositivo seguro, motivante y de fácil uso.
5. El protocolo de tratamiento de RV semi-inmersiva con el sistema LMC<sup>®</sup> junto con la terapia convencional, no produce mejoras en los niveles de adherencia respecto al protocolo de tratamiento convencional.



# BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA

1. The World Health Organization MONICA Project (monitoring trends and determinants in cardiovascular disease): a major international collaboration. WHO MONICA Project Principal Investigators. *J Clin Epidemiol*. 1988;41(2):105-14.
2. Clasificación Internacional de Enfermedades, 11.a revisión Estandarización mundial de la información de diagnóstico en el ámbito de la salud [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2022 [citado 16 febrero 2022]. Disponible en: <https://icd.who.int/es>
3. Sacco RL, Kasner SE, Broderick JP, Caplan LR, Connors JJ, Culebras A, et al. An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American heart association/American stroke association. *Stroke*. 2013Jul;44(7):2064–89.
4. Ding Q, Liu S, Yao Y, Liu H, Cai T, Han L. Global, Regional, and National Burden of Ischemic Stroke, 1990-2019. *Neurology*. 2022Jan 18;98(3):e279-e29.
5. Palomino-García A. Diagnóstico y manejo del ictus. *Rev Esp Pediatr*. 2017;73(1):6-11.
6. Koton S, Rexrode KM. Trends in stroke incidence in the United States: Will women overtake men? *Neurology*. 2017Sep 5;89(10):982–3.
7. Stevens E, Emmett E, Wang Y, McKeivitt C, Wolfe CDA. El Impacto del ictus en Europa. ISBN 978-1-5272-0858-2. Bélgica. Stroke Alliance for Europe. 2017 [Consultado 20 Oct 2020]. Disponible en: <https://ictusfederacion.es/wp-content/uploads/2018/11/Informe-completo-compressed.pdf>
8. Sociedad Española de Neurología. El atlas del ictus en España. 2019 [Consultado 20 Oct 2020]. Disponible en: <https://www.sen.es/component/content/article/91-articulos/2617-el-atlas-del-ictus?Itemid=437>
9. Goldstein LB, Bushnell CD, Adams RJ, Appel LJ, Braun LT, Chaturvedi S, et al. Guidelines for the primary prevention of stroke: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011Feb;42(2):517–84.
10. Martínez-Vila E. Factores de riesgo del ictus. *An Sist Sanit Navar*. 2000;23(3):25–31.

11. González-Gómez FJ, Pérez-Torre P, DeFelipe A, Vera R, Matute C, Cruz-Culebras A, et al. Ictus en adultos jóvenes: incidencia, factores de riesgo, tratamiento y pronóstico. *Rev Clin Esp.* 2016;216(7):345–51.
12. Peñalver-Pérez F, Moreno-Martínez CE, López-Barrio MJ, Marín-López T, Saorín-Marín D. El ictus en las mujeres: perspectiva de género en el ictus cardioembólico secundario a fibrilación auricular. *ENE.* 2015;9(2).
13. Sacco RL, Boden-Albala B, Gan R, Chen X, Kargman DE, Shea S, et al. Stroke incidence among white, black, and hispanic residents of an urban community the Northern Manhattan Stroke Study. *Am J Epidemiol.* 1998Feb 1;147(3):259-68.
14. Kleindorfer D, Broderick J, Khoury J, Flaherty M, Woo D, Alwell K, et al. The unchanging incidence and case-fatality of stroke in the 1990s: A population-based study. *Stroke.* 2006Oct;37(10):2473–8.
15. Liao Y, Greenlund KJ, Croft JB, Keenan NL, Giles WH. Factors Explaining Excess Stroke Prevalence in the US Stroke Belt. *Stroke.* 2009Oct;40(10):3336–41.
16. Flossmann E, Schulz UG, Rothwell PM. Systematic Review of Methods and Results of Studies of the Genetic Epidemiology of Ischemic Stroke. *Stroke.* 2004Jan;35(1):212–7.
17. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: The JNC 7 Report. *JAMA.* 2003May 21;289(19):2560–72.
18. Fuentes B, Gállego J, Gil-Nuñez A, Morales A, Purroy F, Roquer J, et al. Guía para el tratamiento preventivo del ictus isquémico y AIT (I). Actuación sobre los factores de riesgo y estilo de vida. *Neurología.* 2012;27(9):560–74.
19. Zhang X, Patel A, Horibe H, Wu Z, Barzi F, Rodgers A, et al. Cholesterol, coronary heart disease, and stroke in the Asia Pacific region. *Int J Epidemiol.* 2003Aug;32(4):563–72.
20. Albers GW, Hart RG, Lutsep HL, Newell DW, Sacco RL. Supplement to the guidelines for the management of transient ischemic attacks: A statement from the Ad Hoc Committee on guidelines for the management of transient ischemic

- attacks, stroke council, American Heart Association. *Stroke*. 1999Mar 24-31;30(11):2502–11.
21. Gorelick PB, Sacco RL, Smith DB, Alberts M, Mustone-Alexander L, Rader D, et al. Prevention of a first stroke: a review of guidelines and a multidisciplinary consensus statement from the National Stroke Association. *JAMA*. 1999;281(12):1112-20.
  22. U.S. Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. Washington. 2008. [Consultado 22 Oct 2020]. Disponible en: <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/paguide.pdf>
  23. Barnoya J, Glantz SA. Cardiovascular effects of secondhand smoke: nearly as large as smoking. *Circulation*. 2005May 24;11(20):2684-98.
  24. Chiuve SE, Rexrode KM, Spiegelman D, Logroscino G, Manson JE, Rimm EB. Primary prevention of stroke by healthy lifestyle. *Circulation*. 2008Aug 26;118(9):947–54.
  25. Patra J, Taylor B, Irving H, Roerecke M, Baliunas D, Mohapatra S, et al. Alcohol consumption and the risk of morbidity and mortality for different stroke types - A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*. 2010May 18;10:258.
  26. Treadwell SD, Robinson TG. Cocaine use and stroke. *Postgrad Med J*. 2007Jun;83(980):389–94.
  27. Tzourio C, Tehindrazanarivelo A, Iglesias S, Alpérovitch A, Chedru F, d'Anglejan-Chatillon J, et al. Case-control study of migraine and risk of ischaemic stroke in young women. *BMJ*. 1995Apr 1;310(6983):830-3.
  28. Mokdad AH, Bowman BA, Ford ES, Vinicor F, Marks JS, Koplan JP. The continuing epidemics of obesity and diabetes in the United States. *JAMA*. 2001Sep 12;286(10):1195–200.
  29. Varona-Arche J, Guerra Valdes JM (dir), Molina Arjona JA (dir). Ictus en el paciente adulto joven. Etiología y pronóstico a largo plazo [tesis doctoral en Internet]. [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid; 2003 [citado 15 Nov 2020]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/4726/1/T26848.pdf>
  30. Duarte E, Murie-Fernández M, Candau E, Spottorno P, López de Munain L, Miguéns X, et al. Poststroke checklist: un cuestionario para detectar las

- necesidades de rehabilitación después del ictus. *Rehabilitación*. 2015;49(3):150–5.
31. Caplan LR. What are some of the dysfunctions, disabilities, and handicaps that remain after a Stroke? En: Summer AJ. *Stroke*. 1ª. Nueva York: Demos Medical Publishing; 2005. p. 139–54.
  32. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016;47(6):e98–169.
  33. Mckevitt C, Fudge N, Redfern J, Sheldenkar A, Crichton S, Rudd AR, et al. Self-reported long-term needs after stroke. *Stroke*. 2011May;42(5):1398-403.
  34. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve*. 2005May;31(5):535–51.
  35. Dietz V, Sinkjaer T. Spasticity. *Handb Clin Neurol*. 2012;109:197–211.
  36. Ustrell-Roig X, Serena-Leal J. Stroke. Diagnosis and therapeutic management of cerebrovascular disease. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60(7):753–69.
  37. Rodríguez-García PL. Examen clínico del paciente con ictus. *Rev Cuba Neurol y Neurocir*. 2011;1(1):74–89.
  38. Saver JL. Time Is Brain-Quantified. *Stroke*. 2006Jan;37(1):263-6.
  39. Asociación Madrileña de Neurología. Plan de atención a los pacientes con ictus Comunidad de Madrid 2014. [consultado 10 Ene 2021]. Disponible en: [https://www.comunidad.madrid/transparencia/sites/default/files/plan/document/910\\_639\\_plan\\_ictus\\_250614\\_0.pdf](https://www.comunidad.madrid/transparencia/sites/default/files/plan/document/910_639_plan_ictus_250614_0.pdf)
  40. Gonzáles Darder JM. Cirugía del ictus: ¿cómo, a quién y cuándo? En: Agencia Valencia de Salud (editor). *Guía de información al paciente con ictus*. Valencia: Generalitat. Conselleria de Sanidad; 2007. p.91-6.
  41. Achi Arteaga J, Arteaga Velez ML, Zambrano Solorzano A, Peralta J, Martínez Neira D. Trombectomía mecánica: técnica de primera elección en el tratamiento ictus isquémico agudo. Análisis de beneficios y resultados. *Rev Chil Neurocir*. 2019;42(1):41–4.

42. Patel RA, Collins TJ. Techniques for acute stroke intervention. *J Interv Cardiol.* 2009Feb;22(1):1–8.
43. Fernández-Travieso JC. Enfermedad cerebrovascular: incidencia y tratamiento actual. *Rev CENIC Ciencias Biológicas.* 2014;45(3):152–77.
44. Renú A, Millán M, San Román L, Blasco J, Martí-Fábregas J, Terceño M, et al. Effect of Intra-arterial Alteplase vs Placebo Following Successful Thrombectomy on Functional Outcomes in Patients With Large Vessel Occlusion Acute Ischemic Stroke: The CHOICE Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2022Mar;237(9):826–35.
45. Murie-Fernández M, Irimia P, Martínez-Vila E, John Meyer M, Teasell R. Neurorrehabilitación tras el ictus. *Neurología.* 2010;25(3):189-96.
46. Roth EJ, Heinemann AW, Lovell LL, Harvey RL, McGuire JR, Diaz S. Impairment and disability: Their relation during stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998Mar;79(3):329–35.
47. Duarte E, Alonso B, Fernández MJ, Fernández JM, Flórez M, García-Montes I, et al. Rehabilitación del ictus: modelo asistencial. Recomendaciones de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física, 2009. *Rehabilitación.* 2010;44(1):60–8.
48. Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. *Int J stroke.* 2017Jul;12(5):444-50.
49. Fuentes B, Díez-Tejedor E. Stroke units: Many questions, some answers. *Int J Stroke.* 2009Feb;4(1):28–37.
50. García-Rudolph A, Laxe S, Saurí J, Opisso E, Tormos JM, Bernabeu M. Evidence of chronic Stroke rehabilitation interventions in activities and participation outcomes: Systematic review of meta-analyses of randomized controlled trials. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019Dec;55(6):695-709.
51. Aziz NA, Leonardi-Bee J, Phillips M, Gladman JRF, Legg L, Walker MF. Therapy-based rehabilitation services for patients living at home more than one year after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008Apr 16;2008(2):CD005952.

52. Mehta S, Pereira S, Viana R, Mays R, McIntyre A, Janzen S, et al. Resistance training for gait speed and total distance walked during the chronic stage of stroke: A meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2012Nov-Dec;19(6):471–8.
53. Peurala SH, Karttunen AH, Sjögren T, Paltamaa J, Heinonen A. Evidence for the effectiveness of walking training on walking and self-care after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med.* 2014May;46(5):387–99.
54. English C, Hillier SL. Circuit class therapy for improving mobility after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010Jul 7;2010(7):CD007513.
55. Iruthayarajah J, McIntyre A, Cotoi A, Macaluso S, Teasell R. The use of virtual reality for balance among individuals with chronic stroke: A systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2017Jan;24(1):68-79.
56. Butler AJ, Shuster M, O’Hara E, Hurley K, Middlebrooks D, Guilkey K. A meta-analysis of the efficacy of anodal transcranial direct current stimulation for upper limb motor recovery in stroke survivors. *J Hand Ther.* 2013Apr-Jun;26(2):162-70.
57. McIntyre A, Viana R, Janzen S, Mehta S, Pereira S, Teasell R. Systematic review and meta-analysis of constraint-induced movement therapy in the hemiparetic upper extremity more than six months post stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2012Nov-Dec;19(6):499-513.
58. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Water-based exercises for improving activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011Jan 19;2011(1):CD008186.
59. Esenwa C, Gutierrez J. Secondary stroke prevention: Challenges and solutions. *Vasc Health Risk Manag.* 2015Aug 7;11:437–50.
60. Jones TA. Motor compensation and its effects on neural reorganization after stroke. *Nat Rev Neurosci.* 2017May;18(5):267-80.
61. Ardestani MM, Kinnaird CR, Henderson CE, Hornby TG. Compensation or Recovery? Altered Kinetics and Neuromuscular Synergies Following High-Intensity Stepping Training Poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2019Jan;33(1):47–58.

62. Teasell RW, Murie Fernandez M, McIntyre A, Mehta S. Rethinking the continuum of stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014Apr;95(4):595-6.
63. Matesanz-García B, Dávila-Martínez P, Lloves-Ucha A. El concepto Bobath: análisis de sus fundamentos y aplicaciones. En: Cano de la Cuerda R, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento.* 2ª. Madrid: Médica Panamericana.; 2015. p.283-94.
64. Hernando-Rosado A, Rosario-García J. Facilitación neuromuscular propioceptiva. En: Cano de la Cuerda R, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento.* 2ª. Madrid: Médica Panamericana.; 2015. p.295-306.
65. Rodríguez-Larrad A, Rizzello C, Perfetti C, Panté FA, Zernitz M. Ejercicio terapéutico cognoscitivo. En: Cano de la Cuerda R, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento.* 2ª. Madrid: Médica Panamericana.; 2015. p.307-22.
66. Roldán-Laguarta P, Pavón-Paz M, Pérez-Manzanero MA, Andújar-Osorno CI. Terapia por restricción del lado sano. En: Cano de la Cuerda R, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento.* 2ª. Madrid: Médica Panamericana.; 2015. p.397-406.
67. Kim Y, Lai B, Mehta T, Thirumalai M, Padalabalanarayanan S, Rimmer JH, Motl RW. Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019Jul;98(7):613-21.
68. López-Sánchez J, Quintero I. Robótica aplicada y realidad virtual. En: Cano de la Cuerda R, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento.* 2ª. Madrid: Médica Panamericana.; 2015. p.449-58.
69. Navarro-López V, Del Valle-Gratacós M, Fernández-Matías R, Carratalá-Tejada M, Cuesta-Gómez A, Molina-Rueda F. The Long-Term Maintenance of Upper Limb Motor Improvements Following Transcranial Direct Current Stimulation Combined with Rehabilitation in People with Stroke: A Systematic Review of Randomized Sham-Controlled Trials. *Sensors (Basel).* 2021Jul 31;21(15):5216.

70. Amorim P, Sousa Santos B, Dias P, Silva S, Martins H. Serious games for stroke telerehabilitation of upper limb-a review for future research. *Int J Telerehabil.* 2020;12(2):65–76.
71. Choi YH, Paik NJ. Mobile Game-based Virtual Reality Program for Upper Extremity Stroke Rehabilitation. *J Vis Exp.* 2018Mar 8;(133):56241.
72. García N, Rodríguez A, Muñoz MJ, Parra S FA. Calidad de vida en pacientes con ictus: un estudio fenomenológico. *Enferm Clin.* 2010;20(2):80–7.
73. Mesa Barrera Y, Fernández O, Li C, Hernández TE, Iii R, Parada Y, et al. Calidad de vida en pacientes post-ictus: factores determinantes desde la fase aguda Quality of life in post-ictuspatients: determinants factors from the acute phase. *Rev Haban Cienc Méd.* 2016;15(4):508-24.
74. Ahulló-Fuster MA, Sánchez-Sánchez ML, Ruescas-Nicolau MA, Fuster-Rivera MI. Actividad física, barreras y beneficios en personas con ictus crónico: estudio transversal de encuesta. *Fisioterapia.* 2019;41(5):275–84.
75. Rafsten L, Meirelles C, Danielsson A, Sunnerhagen KS. Impaired motor function in the affected arm predicts impaired postural balance after stroke: A cross sectional study. *Front Neurol.* 2019Aug 21;10:912.
76. Cohen JW, Ivanova TD, Brouwer B, Miller KJ, Bryant D, Garland SJ. Do Performance Measures of Strength, Balance, and Mobility Predict Quality of Life and Community Reintegration After Stroke? *Arch Phys Med Rehabil.* 2018Apr;99(4):713–9.
77. Ntsiea MV, Van Aswegen H, Lord S, Olorunju SS. The effect of a workplace intervention programme on return to work after stroke: A randomised controlled trial. *Clin Rehabil.* 2015Jul;29(7):663–73.
78. Ictus: Plan de actuación en Europa 2018-2030 [Internet]. Stroke Alliance for Europe. 2018 [citado 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.safestroke.eu/wp-content/uploads/2019/05/sap-spanish-s.pdf>
79. Roldán Jiménez C, Cuestas-Vargas A (dir), Bennett P (dir). Estudio de la cinemática del miembro superior e inferior mediante sensores inerciales [tesis doctoral en internet]. [Málaga]: Universidad de Málaga; 2017 [citado 15 Feb 2021]. Disponible en:

[https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/14954/TD\\_ROLDAN\\_JIME  
NEZ\\_Cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/14954/TD_ROLDAN_JIME_NEZ_Cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=)

80. Suárez-Sanabria N, Osorio-Patiño AM. Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *CES Med.* 2013;27(2):205-17.
81. Oliveira C, García N, Navarro N, Ruiz JA, Jiménez JF, Brito ME. Biomecánica del hombro y sus lesiones. *Canar.méd.quir.* 2007;12:1-9.
82. Paine R, Voight ML. The role of the scapula. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;8(5):617-29.
83. De Mey K, Danneels L, Cagnie B, Van den Bosch L, Flier J, Cools AM. Kinetic chain influences on upper and lower trapezius muscle activation during eight variations of a scapular retraction exercise in overhead athletes. *J Sci Med Sport.* 2013Jan;16(1):65-70.
84. Kibler WB, Ludewig PM, McClure PW, Michener LA, Bak K, Sciascia AD. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: The 2013 consensus statement from the “scapular summit.” *Br J Sports Med.* 2013;47(14):877-85.
85. Antuña S. Biomecánica del codo y sus implicaciones en el diseño de recambios articulares. *Biomecánica.* 2004;12(2):35-9.
86. Netscher DT, Sandvall BK. Surgical technique: Posterior deltoid-to-triceps transfer in tetraplegic patients. *J Hand Surg Am.* 2011Apr;36(4):711-5.
87. Massie CL, Malcolm MP, Greene DP, Browning RC. Kinematic motion analysis and muscle activation patterns of continuous reaching in survivors of stroke. *J Mot Behav.* 2012;44(3):213-22.
88. Ramlee MH, Beng GK, Bajuri N, Abdul Kadir MR. Finite element analysis of the wrist in stroke patients: the effects of hand grip. *Med Biol Eng Comput.* 2018Jul;56(7):1161-71.
89. Khallaf ME, Ameer MA, Fayed EE. Effect of task specific training and wrist-fingers extension splint on hand joints range of motion and function after stroke. *NeuroRehabilitation.* 2017;41(2):437-44.

90. de Gooijer-van de Groep KL, de Groot JH, van der Krogt H, de Vlugt E, Arendzen JH, Meskers CGM. Early shortening of wrist flexor muscles coincides with poor recovery after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018Jun;32(6–7):645–54.
91. Rosenkranz K, Rothwell JC. The effect of sensory input and attention on the sensorimotor organization of the hand area of the human motor cortex. *J Physiol*. 2004Sep 23;561(1):307–20.
92. Aoyama T, Kaneko F, Ohashi Y, Kohno Y. Neural mechanism of selective finger movement independent of synergistic movement. *Exp Brain Res*. 2019Dec;237(12):3485–92.
93. Duncan SFM, Saracevic CE, Kakinoki R. Biomechanics of the hand. *Hand Clin*. 2013;29(4):483–92.
94. Schreuders TA, Selles RW, Roebroek ME, Stam HJ. Strength Measurements of the Intrinsic Hand Muscles: A Review of the Development and Evaluation of the Rotterdam Intrinsic Hand Myometer. *J Hand Ther*. 2006Oct-Dec;19(4):393–401.
95. Sathian K, Buxbaum LJ, Cohen LG, Krakauer JW, Lang CE, Corbetta M, et al. Neurological Principles and Rehabilitation of Action Disorders: Common Clinical Deficits. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011Jun;25(5 Suppl):21S-32S.
96. Lang CE, Beebe JA. Relating movement control at 9 upper extremity segments to loss of hand function in people with chronic hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007May-Jun;21(3):279–91.
97. McCombe Waller S, Whittall J. Bilateral arm training: Why and who benefits? *NeuroRehabilitation*. 2008;23(1):29–41.
98. Meskers CG, Koppe PA, Konijnenbelt M, Veeger DH, Janssen TW. Kinematic alterations in the ipsilateral shoulder of patients with hemiplegia due to stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005Feb;84(2):97–105.
99. Yarosh CA, Hoffman DS, Strick PL. Deficits in movements of the wrist ipsilateral to a stroke in hemiparetic subjects. *J Neurophysiol*. 2004Dec;92(6):3276–85.
100. Welniarz Q, Dusart I, Roze E. The corticospinal tract: Evolution, development, and human disorders. *Dev Neurobiol*. 2017Jul;77(7):810–29.

101. Sánchez Cabeza A. *Terapia Ocupacional Para La Rehabilitación Del Control Motor: Tratamientos Basados En Actividades Para Pacientes Con Daño Cerebral Adquirido*. 1.<sup>a</sup> ed. Saarbrücken, Germany: Editorial Académica Española; 2011.
102. Tomita Y, Rodrigues MRM LM. Upper Limb Coordination in Individuals With Stroke: Poorly Defined and Poorly Quantified. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015Oct-Nov;31(10–11):885-97.
103. Betti S, Zani G, Guerra S, Castiello U, Sartori L. Reach-to-grasp movements: A multimodal techniques study. *Front Psychol*. 2018Jun 15;9:990.
104. Wee SK, Hughes AM, Warner M, BurrIDGE JH. Trunk restraint to promote upper extremity recovery in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014Sep;28(7):660–77.
105. Kantak SS, Stinear JW, Buch ER, Cohen LG. Rewiring the Brain: Potential Role of the Premotor Cortex in Motor Control, Learning, and Recovery of Function Following Brain Injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012Mar-Apr;26(3):282-92.
106. De Sanctis T, Tarantino V, Straulino E, Begliomini C, Castiello U. Co-Registering Kinematics and Evoked Related Potentials during Visually Guided Reach-to-Grasp Movements. *PLoS One*. 2013Jun 3;8(6):e65508.
107. Rand MK, Shimansky YP, Hossain AB, Stelmach GE. Quantitative model of transport-aperture coordination during reach-to-grasp movements. *Exp Brain Res*. 2008Jun;188(2):263–74.
108. Whishaw IQ, Karl JM, Humphrey NK. Dissociation of the Reach and the Grasp in the destriate (V1) monkey Helen: a new anatomy for the dual visuomotor channel theory of reaching. *Exp Brain Res*. 2016;234(8):2351–62.
109. Takakusaki K. Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *J Mov Disord*. 2017Jan;10(1):1–17.
110. Dabholkar A, Mehta D, Yardi S, Dabholkar T. Assessment of scapular behavior in stroke patients. *Int J Heal Rehabil Sci*. 2015;4(2):95-102.
111. Raghavan P. Upper Limb Motor Impairment Post Stroke. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2015Aug 25;26(4):599–610.

112. Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008Aug;18(4):559–67.
113. Massion J, Alexandrov A, Frolov A. Why and how are posture and movement coordinated? *Prog Brain Res.* 2004;143:13–27.
114. Griffin C. Management of the hemiplegic shoulder complex. *Top Stroke Rehabil.* 2014Jul-Aug;21(4):316–8.
115. Mittelstaedt H. Somatic graviception. *Biol Psychol.* 1996Jan 5;42(1–2):53–74.
116. Vaitl D, Mittelstaedt H, Baisch F. Shifts in blood volume alter the perception of posture. *Int J Psychophysiol.* 1997Sep ;27(2):99–105.
117. Mittelstaedt H. Interaction of eye-, head-, and trunk-bound information in spatial perception and control. *J Vestib Res.* 1997Jul-Aug;7(4):283-302.
118. Lee LJ, Coppieters MW, Hodges PW. Differential activation of the thoracic multifidus and longissimus thoracis during trunk rotation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(8):870–6.
119. Pain LM, Baker R, Richardson D, Agur AM. Effect of trunk-restraint training on function and compensatory trunk, shoulder and elbow patterns during post-stroke reach: A systematic review. *Disabil Rehabil.* 2015;37(7):553–62.
120. de Oliveira Cacho R, Cacho EWA, Ortolan RL, Cliquet A Jr, Borges G. Trunk restraint therapy: The continuous use of the harness could promote feedback dependence in poststroke patients. *Medicine (Baltimore).* 2015Mar;94(12):e641.
121. Lima RC, Teixeira-Salmela L, Michaelsen SM. Effects of trunk restraint in addition to home-based modified constraint-induced movement therapy after stroke: A randomized controlled trial. *Int J Stroke.* 2012Apr;7(3):258–64.
122. Greisberger A, Aviv H, Garbade SF, Diermayr G. Clinical relevance of the effects of reach-to-grasp training using trunk restraint in individuals with hemiparesis poststroke: A systematic review. *J Rehabil Med.* 2016Apr 28;48(5):405–16.
123. Michaelsen SM, Levin MF. Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke: A controlled trial. *Stroke.* 2004Aug;35(8):1914–9.

124. Thielman G, Kaminski T, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke: comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008Nov-Dec;22(6):697–705.
125. Cirstea MC, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain*. 2000May;123(5):940–53.
126. Cheng CH, Chien A, Hsu WL, Yen LW, Lin YH, Cheng HY. Changes of postural control and muscle activation pattern in response to external perturbations after neck flexor fatigue in young subjects with and without chronic neck pain. *Gait Posture*. 2015Mar;41(3):801–7.
127. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Control motor. De la investigación a la práctica clínica. 5a. Barcelona: Wolters Kluwer Health; 2019.
128. Carey L, Macdonell R, Matyas TA. SENSE: Study of the effectiveness of neurorehabilitation on sensation: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011May;25(4):304–13.
129. Franzén E, Gurfinkel VS, Wright WG, Cordo PJ, Horak FB. Haptic touch reduces sway by increasing axial tone. *Neuroscience*. 2011Feb 3;174:216–23.
130. Champion, J, Barber C, Lynch-Ellerington M. Recovery of upper limb function. En: Raine S, Meadows L, Lynch-Ellerington M. *Bobath Concept*. Hoboken, Nueva Jersey, Estados Unidos: Wiley-BlackWell; 2009. p.154-78.
131. Osiurak F, Rossetti Y, Badets A. What is an affordance? 40 years later. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;77:403–17.
132. Rizzolatti G, Kalaska J. Voluntary movement: the parietal and premotor cortex. En: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, Siegelbaum S, Hudspeth AJ, Mack S. *Principles of neural science*. New York: McGraw-Hil; 2013. p 865-93.
133. Tazoe T, Perez MA. Cortical and reticular contributions to human precision and power grip. *J Physiol*. 2017Apr 15;595(8):2715–30.
134. Molina Rueda F, Rivas Montero FM, Pérez de Heredia Torres M, Alguacil Diego IM, Molero Sánchez A, Miangolarra Page JC. Análisis del movimiento de la extremidad superior hemiparética en pacientes con accidente cerebrovascular: estudio piloto. *Neurología*. 2012;27(6):343–7.

135. Ostolaza M, Abudarham J, Dilascio S, Drault-Boedo E, Gallo S, Garcete A, et al. Herramientas de evaluación del uso fino de la mano y uso de la mano y el brazo en sujetos con secuela de ictus: revisión sistemática. *Rev Neurol.* 2017;64(07):289–98.
136. Velstra IM, Ballert CS, Cieza A. A systematic literature review of outcome measures for upper extremity function using the international classification of functioning, disability, and health as reference. *PM R.* 2011Sep;3(9):846–60.
137. Fernández-González P, Koutsou A, Cuesta-Gómez A, Carratalá-Tejada M, Miangolarra-Page JC, Molina-Rueda F. Reliability of Kinovea® Software and Agreement with a Three-Dimensional Motion System for Gait Analysis in Healthy Subjects. *Sensors (Basel).* 2020Jun;20(11):3154.
138. O'Sullivan R, Kiernan D, Walsh M, O'Brien T, Elhassan Y. Characterisation of the patellar tendon reflex in cerebral palsy children using motion analysis. *Ir J Med Sci.* 2016Nov;185(4):813-7.
139. Eysenbach G. What is e-Health? *J Med Internet Res.* 2001;3(2):e20.
140. National eHealth Strategy Toolkit [Internet] Organización Mundial de la Salud. [citado 20 May 2021]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/75211>
141. Shaw T, McGregor D, Brunner M, Keep M, Janssen A, Barnett S. What is eHealth? Development of a conceptual model for ehealth: Qualitative study with key informants. *J Med Internet Res.* 2017Oct;19(10):e324.
142. Ballantyne R, Rea PM. A game changer: 'The use of digital technologies in the management of upper limb rehabilitation.' *Adv Exp Med Biol.* 2019;1205:117-47.
143. Viñas-Diz S, Sobrido-Prieto M. Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: Revisión sistemática. *Neurología.* 2016;31(4):255–77.
144. Ortiz-Gutiérrez RM, Bermejo-Franco A, Cano de la Cuerda R. Realidad virtual y videojuegos. En: Cano de la Cuerda R. *Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación.* 1ª. Madrid: Médica Panamericana; 2018. p. 91–107.
145. Perez-Marcos D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15(1):113.

146. Cano de la Cuerda R, Ortíz Gutiérrez RM. Nuevas tecnologías y control motor: robótica, realidad virtual y videojuegos. En: Cano de la Cuerda R, Martínez Piédrola RM, Miangolarra Page JC. Control y Aprendizaje Motor. Fundamentos, desarrollo y reeducación del movimiento humano. 1ª. Madrid: Médica Panamericana; 2017. p. 197–209.
147. Playstation VR Sumérgete en increíbles juegos experiencias de realidad virtual. [Internet] Playstation VR. [citado 20 Mar 2021]. Disponible en: <https://www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/>
148. CAVE vs HMD [Internet]. VisBox. [citado 20 Mar 2021]. Disponible en: <http://www.visbox.com/technology/cave-vs-hmd/>
149. Montalbán MA, Arrogante O. Rehabilitation through virtual reality therapy after a stroke: A literature review. *Rev Cien Enf Neur.* 2020;52:19–27.
150. IREX [Internet]. Gesture Tek health. [citado 21 Mar 2021]. Disponible en: <https://gesturetekhealth.com/products/irex>
151. Accesorios [Internet]. Nintendo [citado 21 Mar 2021]. Disponible en: <https://www.nintendo.es/Wii/Acesorios/Acesorios-Wii-Nintendo-Ib-eacutericarica-626430.html>
152. Wikstrom EA. Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *J Athl Train.* 2012May-Jun;47(3):306–13.
153. Adie K, Schofield C, Berrow M, Wingham J, Freeman J, Humfryes J, et al. Does the use of Nintendo Wii Sports™ improve arm function and is it acceptable to patients after stroke? Publication of the Protocol of the Trial of Wii™ in Stroke – TWIST. *Int J Gen Med.* 2014;7:475–81.
154. Pagliari D, Pinto L. Calibration of Kinect for Xbox One and comparison between the two generations of microsoft sensors. *Sensors (Basel).* 2015Nov;15(11):27569–89.
155. Park DS, Lee DG, Lee K, Lee G. Effects of Virtual Reality Training using Xbox Kinect on Motor Function in Stroke Survivors: A Preliminary Study. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017Oct;26(10):2313–9.

156. Jung SH, Song SH, Kim SD, Lee K, Lee GC. Does virtual reality training using the Xbox Kinect have a positive effect on physical functioning in children with spastic cerebral palsy? A case series. *J Pediatr Rehabil Med*. 2018;11(2):95–101.
157. Dranca L, de Abetxuko Ruiz de Mendarozketa L, Goñi A, Illarramendi A, Navalpotro I, Delgado M, et al. Using Kinect to classify Parkinson's disease stages related to severity of gait impairment. *BMC Bioinformatics*. 2018;19:471.
158. Luna-Oliva L, Ortiz-Gutiérrez RM, Cano-De La Cuerda R, Piédrola RM, Alguacil-Diego IM, Sánchez-Camarero C, et al. Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: A preliminary study. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(4):513–21.
159. Kim WS, Cho S, Park SH, Lee JY, Kwon S, Paik NJ. A low cost kinect-based virtual rehabilitation system for inpatient rehabilitation of the upper limb in patients with subacute stroke: A randomized, double-blind, sham-controlled pilot trial. *Medicine (Baltimore)*. 2018Jun;97(25):e11173.
160. Bufton A, Campbell A, Howie E, Straker L. A comparison of the upper limb movement kinematics utilized by children playing virtual and real table tennis. *Hum Mov Sci*. 2014Dec;38:84–93.
161. Smeragliuolo AH, Hill NJ, Disla L, Putrino D. Validation of the Leap Motion Controller using markered motion capture technology. *J Biomech*. 2016Jun 14;49(9):1742–50.
162. Niechwiej-Szwedo E, Gonzalez D, Nouredanesh M, Tung J. Evaluation of the leap motion controller during the performance of visually-guided upper limb movements. *PLoS One*. 2018Mar 12;13(3): e0193639.
163. J B. Leap Motion (I): características técnicas [Internet]. Showleap. 2015 [citado 2 Abr 2021]. Disponible en: <https://showleap.com/leap-motion-i-caracteristicas-tecnicas/>
164. J B. Leap Motion (II): principio de funcionamiento [Internet]. Showleap. [citado 2 Abr 2021]. Disponible en: <https://showleap.com/leap-motion-ii-principio-de-funcionamiento/>

165. How Hand Tracking Works [Internet]. Ultraleap. [citado 2 Abr 2021]. Disponible en: <http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>
166. Chong TW, Lee BG. American sign language recognition using leap motion controller with machine learning approach. *Sensors (Basel)*. 2018Oct 19;18(10):3554.
167. Bachmann D, Weichert F, Rinke G. Review of three-dimensional human-computer interaction with focus on the leap motion controller. *Sensors (Basel)*. 2018Jul 7;18(7):2194.
168. Pulijala Y, Ma M, Pears M, Peebles D, Ayoub A. Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Surgical Training—A Randomized Control Trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018May;76(5):1065–72.
169. Nintendo Switch [Internet]. Nintendo. [citado 21 Oct 2021]. Disponible en: [https://nintendo.fandom.com/es/wiki/Nintendo\\_Switch](https://nintendo.fandom.com/es/wiki/Nintendo_Switch)
170. Kim J, Lee M YJ. A New Approach to Transcranial Direct Current Stimulation in Improving Cognitive Motor Learning and Hand Function with the Nintendo Switch in Stroke Survivors. *Med Sci Monit*. 2019Dec 14;25:9555–62.
171. Proença JP, Quaresma C, Vieira P. Serious games for upper limb rehabilitation: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2018Jan;13(1):95–100.
172. Dias P, Silva R, Amorim P, Lains J, Roque E, Pereira ISF, et al. Using Virtual Reality to Increase Motivation in Poststroke Rehabilitation. *IEEE Comput Graph Appl*. 2019Jan-Feb;39(1):64–70.
173. Klasen M, Weber R, Kircher TT, Mathiak KA, Mathiak K. Neural contributions to flow experience during video game playing. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2012Apr;7(4):485–95.
174. España está a “años luz” del ratio de fisioterapeutas / pacientes de la OMS. [Internet]. Redacción Médica. [citado 30 Sep 2021]. Disponible en: <https://www.redaccionmedica.com/secciones/otras-profesiones/espana-a-anos-luz-del-ratio-de-fisioterapeuta-pacientes-que-dicta-la-oms-7350#:~:text=El%20Sindicato%20de%20Enfermer%C3%ADa%2C%20Satse,1%20profesionales%20por%201.000%20habitantes>

175. Pietrzak E, Cotea C, Pullman S. Using commercial video games for upper limb stroke rehabilitation: Is this the way of the future? *Top Stroke Rehabil.* 2014;21(2):152–62.
176. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane database Syst Rev.* 2017Nov 20;11(11):CD008349.
177. Lee HC, Huang CL, Ho SH, Sung WH. The Effect of a Virtual Reality Game Intervention on Balance for Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Games Health J.* 2017Oct;6(5):303–11.
178. Bower K, Thilarajah S, Pua YH, Williams G, Tan D, Mentiplay B, et al. Dynamic balance and instrumented gait variables are independent predictors of falls following stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2019Jan 7;16(1):3.
179. Gamito P, Oliveira J, Coelho C, Morais D, Lopes P, Pacheco J, et al. Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disabil Rehabil.* 2017Feb;39(4):385–8.
180. Pollock A, Farmer SE, Brady MC, Langhorne P, Mead GE, Mehrholz J, et al. Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014Nov 12;2014(11):CD010820.
181. Guerra-Cuevas B, Valero-Aguayo L. Efectos-secundarios tras el uso de realidad. *Rev Int Psicol Ter Psicol.* 2013;13(2):163–78.
182. Bower KJ, Louie J, Landesrocha Y, Seedy P, Gorelik A, Bernhardt J. Clinical feasibility of interactive motion-controlled games for stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2015Aug 2;12:63.
183. Aguilera-Rubio Á, Alguacil-Diego IM, Mallo-López A, Cuesta-Gómez A. Use of the Leap Motion Controller® System in the Rehabilitation of the Upper Limb in Stroke. A Systematic Review. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2022Jan;31(1):106174.
184. Iosa M, Morone G, Fusco A, Castagnoli M, Fusco FR, Pratesi L, et al. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study. *Top Stroke Rehabil.* 2015Aug;22(4):306–16.

185. Wang ZR, Wang P, Xing L, Mei L, Zhao J, Zhang T. Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural Regen Res.* 2017Nov;12(11):1823-31.
186. Ögün MN, Kurul R, Yaşar MF, Turkoglu SA, Avci Ş, Yildiz N. Effect of leap motion-based 3D immersive virtual reality usage on upper extremity function in ischemic stroke patients. *Arq Neuropsiquiatr.* 2019Oct 24;77(10):681-8.
187. Vanbellingen T, Filius SJ, Nyffeler T, van Wegen EEH. Usability of videogame-based dexterity training in the early rehabilitation phase of stroke patients: A pilot study. *Front Neurol.* 2017Dec 8;8:654.
188. Colombo R, Raglio A, Panigazzi M, Mazzone A, Bazzini G, Imarisio C, et al. The SonicHand Protocol for Rehabilitation of Hand Motor Function: A Validation and Feasibility Study. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2019Apr;27(4):664-72.
189. Fluet GG, Qiu Q, Patel J, Cronce A, Merians AS, Adamovich SV. Autonomous Use of the Home Virtual Rehabilitation System: A Feasibility and Pilot Study. *Games Health J.* 2019Dec;8(6):432-8.
190. Tseklevs E, Paraskevopoulos IT, Warland A, Kilbride C. Development and preliminary evaluation of a novel low cost VR-based upper limb stroke rehabilitation platform using Wii technology. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2016;11(5):413-22.
191. Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux P, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Int J Surg.* 2012;10(1):28-55.
192. Ekstrand E, Lexell J, Brogårdh C. Grip strength is a representative measure of muscle weakness in the upper extremity after stroke Grip strength is a representative measure of muscle weakness in the upper extremity after stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2016Dec;23(6):400-5.
193. Bertrand AM, Mercier C, Bourbonnais D, Desrosiers J, Grave D. Reliability of maximal static strength measurements of the arms in subjects with hemiparesis. *Clin Rehabil.* 2007Mar;21(3):248-57.

194. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, Lopez-Jaramillo P, Avezum A Jr, Orlandini A, et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet*. 2015Jul 18;386(9990):266-73.
195. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, Sayer AA. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011Jul;40(4):423-9.
196. Fess E, Moran C. Grip and Pinch. En: Hershman AG, Mackin EJ, Laseter F, Holdeman V, Prendergast K, DeVore G, et al. *Clinical Assessment Recommendations*. Chicago, IL: Therapists, American Society of Hand; 1981. p. 6-9.
197. Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, Weber K. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther*. 1985Jan;39(6):386-91.
198. Chen HM, Chen CC, Hsueh IP, Huang SL, Hsieh CL. Test-Retest Reproducibility and Smallest Difference of 5 Hand Function Tests in Patients With Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009 Jun;23(5):435-40.
199. Lyle RC. A performance test for assessment of upper limb function in physical rehabilitation treatment and research. *Int J Rehabil Res*. 1981;4(4):483-92.
200. Doussoulin A, Rivas R, Campos V. Validación de "Action Research Arm Test" (ARAT) en pacientes con extremidad superior parética post ataque cerebrovascular en Chile. *Rev Med Chile*. 2012;140(1):59-65.
201. Yozbatiran N, Der-yeghiaian L, Cramer SC. A standardized approach to performing the action research arm test. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008Jan-Feb;22(1):78-90.
202. Nijland R, van Wegen E, Verbunt J, van Wijk R, van Kordelaar J, Kwakkel G. A comparison of two validated tests for upper limb function after stroke: The Wolf Motor Function Test and the Action Research Arm Test. *J Rehabil Med*. 2010Jul 42(7):694-6.
203. Simpson LA, Eng JJ. Functional recovery following stroke: capturing changes in upper-extremity function. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013Mar-Apr;27(3):240-50.

204. Hervás MT, Navarro-Collado MJ, Peiró S, Rodrigo-Pérez JL, López-Matáu P, Martínez-Tello I. Versión Española del cuestionario DASH. Adaptación transcultural, fiabilidad, validez y sensibilidad a los cambios. *Med Clin*. 2006;127(12):441–7.
205. Urrutia L, José E, Sánchez C. Estudio sobre la relación entre la dependencia funcional y la percepción de afectación de las extremidades superiores en pacientes con ictus a través de las herramientas de valoración dash e índice de barthel. *TOG*. 2018;28(15):225–36.
206. Dalton E, Lannin NA, Laver K, Ross L, Ashford S, McCluskey A, Cusick A. Validity, reliability and ease of use of the disabilities of arm, shoulder and hand questionnaire in adults following stroke. *Disabil Rehabil*. 2017Dec;39(24):2504–11.
207. Bohannon RW, Smith MB. Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. *Phys Ther*. 1987Feb;67(2):206–7.
208. Gregson JM, Leathley MJ, Moore AP, Smith TL, Sharma AK, Watkins CL. Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patients. *Age Ageing*. 2000May;29(3):223–8.
209. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gac Sanit*. 2005;19(2):135–50.
210. Ware J, Snow K, Kosinski M, Gandek B. SF36 health survey: manual and interpretation guide.1ª. Boston: The Medical Outcomes Trust.1993.
211. Alonso J, Prieto L, Anto JM. La versión española del SF-36 Health Survey (Cuestionario de Salud SF-36): un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin*. 1995;104(20):771–6.
212. Cabral DL, Laurentino GE, Damascena CG, Faria CD, Melo PG Teixeira-Salmela LF. Comparisons of the Nottingham Health Profile and the SF-36 health survey for the assessment of quality of life in individuals with chronic stroke. *Rev Bras Fisioter*. 2012Jul-Aug 16(4):301–8.

213. Monardo G, Pavese C, Giorgi I, Godi M, Colombo R. Evaluation of Patient Motivation and Satisfaction During Technology-Assisted Rehabilitation: An Experiential Review. *Games Heal J.* 2021Feb;10(1):13–37.
214. Al-wahaibi RM, Al-jadid MS, Elserougy HR, Badawy WM. Effectiveness of virtual reality-based rehabilitation versus conventional therapy on upper limb motor function of chronic stroke patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physiother Theory Pract.* 2021Jul 27:1–15.
215. Lee HS, Park YJ, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2019Jun 18;2019:7595639.
216. Aramaki AL, Sampaio RF, Resis ACs, Cavalcanti A, Dutra FCMSE. Virtual reality in the rehabilitation of patients with stroke: an integrative review. *Arq Neuropsiquiatr.* 2019May 13;77(4):268–78.
217. Jin M, Pei J, Bai Z, Zhang J, He T, Xu X, et al. Effects of virtual reality in improving upper extremity function after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2022May;36(5):573-96.
218. Monge-Pereira E, Ibañez-Pereda J, Alguacil-Diego IM, Serrano JI, Spottorno-Rubio MP, Molina-Rueda F. Use of Electroencephalography Brain-Computer Interface Systems as a Rehabilitative Approach for Upper Limb Function After a Stroke: A Systematic Review. *PM R.* 2017Sep;9(9):918-32.
219. Envolvrehab Manos. Entrenamiento de la motricidad fina a través del juego. [Internet]. Envolv [citado el 1 Mar 2022]. Disponible en: [https://evolvrehab.com/es/evolvrehab/evolvrehab\\_hands/](https://evolvrehab.com/es/evolvrehab/evolvrehab_hands/)
220. Aguilera-Rubio Á, Cuesta-Gómez A, Mallo-López A, Jardón-Huete A, Oña-Simbaña DE, Alguacil-Diego MI. Feasibility and Efficacy of a Virtual Reality Game-Based Upper Extremity Motor Function Rehabilitation Therapy in Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study. *Int J Env Res Public Heal.* 2022Mar 13;19(6):3381.
221. Vieira C, Ferreira da Silva Pais-Vieira C, Novais J, Perrotta A. Serious Game Design and Clinical Improvement in Physical Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR Serious Games.* 2021Sep 23;9(3):e20066.

222. Levin MF. Principles of Motor Recovery After Neurological Injury Based on a Motor Control Theory. *Adv Exp Med Biol.* 2016;957:121-40.
223. Kantak S, Jax S, Wittenberg G. Bimanual coordination: A missing piece of arm rehabilitation after stroke. *Restor Neurol Neurosci.* 2017;35(4):347–64.
224. Han KJ, Kim JY. The effects of bilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016Aug;28(8):2299-302.
225. Boukrina O, Kucukboyaci NE, Dobryakova E. Considerations of power and sample size in rehabilitation research. *Int J Psychophysiol.* 2020Aug;154:6-14.
226. Harris JE, Eng JJ. Paretic upper-limb strength best explains arm activity in people with stroke. *Phys Ther.* 2007Jan;87(1):88-97.
227. Graef P, Michaelsen SM, Dadalt ML, Rodrigues DA, Pereira F, Pagnussat AS. Effects of functional and analytical strength training on upper-extremity activity after stroke: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2016Nov-Dec;20(6):543–52.
228. Pang MY, Eng JJ. Muscle strength is a determinant of bone mineral content in the hemiparetic upper extremity: implications for stroke rehabilitation. *Bone.* 2005Jul;37(1):103-11.
229. Fleuren JF, Voerman GE, Erren-Wolters CV, Snoek GJ, Rietman JS, Hermens HJ, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2010Jan;81(1):46-52.
230. Andringa A, Meskers C, van de Port I, Zandvliet S, Scholte L, de Groot J, et al. Quantifying neural and non-neural components of wrist hyper-resistance after stroke: Comparing two instrumented assessment methods. *Med Eng Phys.* 2021Dec;98:57–64.
231. Marco E, Duarte E, Santos JF, Boza R, Tejero M, Belmonte R, et al. Cuestionario de salud Short Form 36 en pacientes hemipléjicos a los 2 años postictus. *Neurología.* 2006;21(7):348–56.
232. Adie K, Schofield C, Berrow M, Wingham J, Humfries J, Pritchard C, et al. Does the use of Nintendo Wii Sports™ improve arm function? Trial of Wii™ in Stroke: a randomized controlled trial and economics analysis. *Clin Rehabil.* 2017Feb;31(2):173–85.

233. Shin JH, Kim MY, Lee JY, Jeon YJ, Kim S, Lee S, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2016Feb 24;13:17.
234. da Silva Ribeiro NM, Ferraz DD, Pedreira É, Pinheiro Í, da Silva Pinto AC, Neto MG, et al. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. *Top Stroke Rehabil*. 2015Aug;22(4):299–305.
235. Harrison RA, Field TS. Post stroke pain: identification, assessment, and therapy. *Cerebrovasc Dis*. 2015;39(3–4):190-201.
236. Appleby E, Gill ST, Hayes LK, Walker TL, Walsh M KS. Effectiveness of telerehabilitation in the management of adults with stroke: A systematic review. *PLoS One*. 14(11):e0225150.
237. Allegue DR, Kairy D, Higgins J, Archambault P, Michaud F, Miller W, et al. Optimization of Upper Extremity Rehabilitation by Combining Telerehabilitation With an Exergame in People With Chronic Stroke: Protocol for a Mixed Methods Study. *JMIR Res Protoc*. 2020May 21;9(5):e14629.
238. Allegue DR, Kairy D, Higgins J, Archambault PS, Michaud F, Miller WC, et al. Personalized Home-Based Rehabilitation Program Using Exergames Combined With a Telerehabilitation App in a Chronic Stroke Survivor: Mixed Methods Case Study. *JMIR Serious Games*. 2021Aug 31;9(3):e26153.
239. Johnson L, Bird ML, Muthalib M, Teo WP. An Innovative STROke Interactive Virtual thErapy (STRIVE) Online Platform for Community-Dwelling Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020Jul;101(7):1131-7.

# ANEXOS



## ANEXO 1. USE OF THE LEAP MOTION CONTROLLER® SYSTEM IN THE REHABILITATION OF THE UPPER LIMB IN STROKE. A SYSTEMATIC REVIEW

Review Article

### Use of the Leap Motion Controller® System in the Rehabilitation of the Upper Limb in Stroke. A Systematic Review

Ángela Aguilera-Rubio, PT, MSc,<sup>a,b</sup> Isabel M. Alguacil-Diego, MD, PhD,<sup>c</sup>  
Ana Mallo-López, PT, MSc,<sup>a,b</sup> and Alicia Cuesta-Gómez, PT, PhD<sup>c</sup>

**Objectives:** Upper limb impairment is the most common motor impairment in stroke survivors. The use of new technologies in the field of rehabilitation aims to reduce the impact of functional problems. Our objective is to evaluate the effectiveness of using the Leap Motion Controller® virtual reality system in the treatment of upper limb functionality in people with stroke. **Materials and Methods:** PRISMA guidelines were used to carry out the systematic review. The literature search was restricted to articles written in English or Spanish published from 2012 to December 2020 in Pubmed, Web of Science, Scopus, PEDro and Science Direct. Of the 309 search results, 230 unique references were reviewed after duplicates were removed. The Downs and Black and CONSORT scales were applied to evaluate the methodological quality of the included papers and the degree of evidence and level of recommendation were determined through the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. **Results:** Six papers with a total of 144 participants were included in this review, with heterogeneity of the sample, assessment measures, protocols, number of sessions and diversity of games applied. The main results of the studies show favourable data after using the Leap Motion Controller® system in the improvement of upper limb functionality in people with stroke. **Conclusions:** There is a growing trend in the use of the Leap Motion Controller® device as a tool in the treatment of the upper limb in people with stroke. Nevertheless, the limitations encountered suggest the need for future research protocols with greater scientific rigor.

**Key Words:** Leap Motion Controller®—Neurorehabilitation—Serious games—Stroke—Upper limb—Virtual reality

© 2021 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

From the <sup>a</sup>International PhD School, Rey Juan Carlos University, Madrid, España, Spain; <sup>b</sup>NeuroAvanza Neurological Physiotherapy Center, Madrid, España, Spain; and <sup>c</sup>Department of Physical Therapy, Occupational Therapy, Rehabilitation and Physical Medicine, Faculty of Health Sciences, Rey Juan Carlos University, Madrid, España, Spain.

Received July 10, 2021; revision received October 5, 2021; accepted October 8, 2021.

Corresponding author at: Faculty of Health Sciences, Rey Juan Carlos University, Avenida de Atenas s/n., 28922 Alcorcón, Madrid, Spain. E-mail: [isabel.alguacil@urjc.es](mailto:isabel.alguacil@urjc.es).

1052-3057/\$ - see front matter

© 2021 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106174>

#### Introduction

Stroke is considered by the World Health Organisation (WHO) to be a global public health problem that leads to significant disabilities.<sup>1</sup> The number of stroke sufferers is expected to increase as the population ages.<sup>2</sup> A recent European report indicated that between 2015–2035 there will be an overall increase of 34% in the total number of stroke events in the European Union.<sup>3</sup>

Upper limb (UL) impairment is the most common motor impairment in stroke survivors, leading to inability to reach, grasp or manipulate, which directly influences activities of daily living (ADLs).<sup>4</sup> More than 80% of stroke survivors experience acute UL and, for half of them, the disability becomes chronic.<sup>5</sup>

## Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflict of interest

## References

- World Health Organization. Global status report on non-communicable diseases 2014. Switzerland: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data; 2014.
- Organización Mundial de la Salud. Trastornos Neurológicos: desafíos para la salud pública. Ginebra: Bruselas/Ginebra: OMS; 2007.
- Stevens E, McKeivitt C, Emmett E, Wolfe CDA, Wang Y. El impacto del ictus en Europa. ISBN 978-1-5272-0858-2. [cited 2020 Oct 10].
- Hatem SM, Saussez G, Della Faille M, Prist V, Zhang X, Dispa D, et al. Rehabilitation of motor function after stroke: a multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery. *Front Hum Neurosci* 2016;10:1-22.
- Cramer SC, Nelles G, Benson RR, Kaplan JD, Parker RA, Kwong KK, et al. A functional MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke. *Stroke* 1997;28(12):2518-2527.
- Pérez Rodríguez R, Medina (dir) J, Gómez Aguilera (dir) E. Metodologías de modelado, monitorización y asistencia robótica en neurorrehabilitación funcional de extremidad superior [dissertation on the Internet]. [Madrid]: Universidad Politécnica de Madrid; 2012. [cited 2020 Nov 3]. Available from [http://oa.upm.es/14737/2/RODRIGO\\_PEREZ\\_RODRIGUEZ.pdf](http://oa.upm.es/14737/2/RODRIGO_PEREZ_RODRIGUEZ.pdf).
- Bayón M, Gil A, Benavente AM, Drozdowskyj O, Sánchez G, Del Álamo MJ. Eficacia de nuevas terapias en neurorrehabilitación del miembro superior en pacientes con ictus. *Rehabilitación* 2014;48(4):232-240.
- Reza H, Kuntavalli S, Peng Q. A virtual environment for hand motion analysis. *Procedia CIRP* 2018;78:127-132.
- Smeragliuolo AH1, Hill NJ2, Disla L3, Putrino D4. Validation of the Leap Motion Controller using marker motion capture technology. *J Biomech* 2016;49(9):1742-1750.
- Leap Motion [cited 2020 Nov 3]. Available from: <http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>
- Masetti T, da Silva TD, Crocetta TB, Guarnieri R, de Freitas BL, Bianchi Lopes P, et al. The clinical utility of virtual reality in neurorehabilitation: a systematic review. *J Cent Nerv Syst Dis* 2018;10:1-18.
- The next web [cited 2020 Nov 10]. Available from: <https://thenextweb.com/apple/2012/10/29/leap-motion-launches-software-developer-program-and-starts-sending-test-units-of-its-3d-controller/>
- Hutton B, Catalá-López F, Moher D. The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network metaanalysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)* 2016;147:262-266.
- Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 1998;52(6):377-384.
- Eldridge SM, Chan CL, Campbell MJ, Bond CM, Hopewell S, Thabane L, et al. CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *BMJ* 2016;355.
- Centre for Evidence-Based Medicine. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine levels of evidence (march 2009). URL: <https://www.cebm.net/2009/06/oxford-centre-evidencebased-medicine-levels-evidence-march-2009/> [cited 2020 Nov 3].
- Iosa M, Morone G, Fusco A, Castagnoli M, Fusco FR, Pratesi L, et al. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study. *Top Stroke Rehabil* 2015;22(4):306-316.
- Vanbellingen T, Filius SJ, Nyffeler T, van Wegen EEH. Usability of videogame-based dexterity training in the early rehabilitation phase of stroke patients: a pilot study. *Front Neurol* 2017;8:1-9.
- Wang ZR, Wang P, Xing L, Mei LP, Zhao J, Zhang T. Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural Regen Res* 2017;12(11):1823-1831.
- Ögün M, Kurul R, Yasar M, Turkoglu S, Avci S, Yildiz N. Effect of leap motion-based 3D immersive virtual reality usage on upper extremity function in ischemic stroke patients. *Arq Neuropsiquiatr* 2019;77(10):681-688.
- Colombo R, Raglio A, Panigazzi M, Mazzone A, Bazzini G, Imarisio C, et al. The SonicHand protocol for rehabilitation of hand motor function: a validation and feasibility study. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2019;28(4):664-672.
- Fluet GG, Qiu Q, Patel J, Cronce A, Merians AS, Adamovich SV. Autonomous use of the home virtual rehabilitation system: a feasibility and pilot study. *Games Health J* 2019;8(6):432-438.
- Laver K, George S, Thomas S, Deutsch J, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2015 Feb 12(2):CD008349.
- Arboix A, Alvarez-Sabín J, Soler L. Guía oficial para el diagnóstico y tratamiento del ictus. En: Comité de Redacción ad hoc del Grupo de estudio de Enfermedades Cerebrovasculares de la SEN. Ictus: tipos etiológicos y criterios diagnósticos. *Neurología* 2016;31(3):3-25.
- Viñas S, Sobrido M. Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Neurología* 2016;31(4):255-277.
- Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: the stroke recovery and rehabilitation roundtable taskforce. *Int J Stroke* 2017 Jul;12(5):444-450.
- Buma F, Kwakkel G, Ramsey N. Understanding upper limb recovery after stroke. *Restor Neurol Neurosci* 2013;31(6):707-722.
- Murphy TH, Corbett D. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour. *Nat Rev Neurosci* 2009;10(12):861-872.
- Wei Yan-Hui, Du De-Chao, Jiang Ke. Therapeutic efficacy of acupuncture combined with neuromuscular joint facilitation in treatment of hemiplegic shoulder pain. *World J Clin Cases* 2019;7(23):3964-3970.
- Dabholkar A, Mehta D, Yardi S, Dabholkar T. Assessment of scapular behaviour in stroke patients. *IJHRS* 2015;4(2):95-102.
- Webster A, Poyade M, Rea P, Paul L. The co-design of hand rehabilitation exercises for multiple sclerosis using hand tracking system. *Adv Exp Med Biol* 2019;1120:83-96.
- Peters DM, McPherson AK, Fletcher B, McClenaghan BA, Fritz SL. Counting repetitions: an observational study of video game play in people with chronic poststroke hemiparesis. *J Neurol Phys* 2013;37:105-111.

## ANEXO 2. LISTA DE VERIFICACIÓN CONSORT



**CONSORT 2010** lista de comprobación de la información que hay que incluir al comunicar un ensayo clínico aleatorizado \*

Sección/tema	Ítem nº	Ítem de la lista de comprobación	Informado en página nº
<b>Título y resumen</b>			
	1a	Identificado como un ensayo aleatorizado en el título	
	1b	Resumen estructurado del diseño, métodos, resultados y conclusiones del ensayo (para una orientación específica, véase "CONSORT for abstracts")	
<b>Introducción</b>			
Antecedentes y objetivos	2a	Antecedentes científicos y justificación	
	2b	Objetivos específicos o hipótesis	
<b>Métodos</b>			
Diseño del ensayo	3a	Descripción del diseño del ensayo (p. ej., paralelo, factorial), incluida la razón de asignación	
	3b	Cambios importantes en los métodos después de iniciar el ensayo (p. ej., criterios de selección) y su justificación	
Participantes	4a	Criterios de selección de los participantes	
	4b	Procedencia (centros e instituciones) en que se registraron los datos	
Intervenciones	5	Las intervenciones para cada grupo con detalles suficientes para permitir la replicación, incluidos cómo y cuándo se administraron realmente	
Resultados	6a	Especificación a priori de las variables respuesta (o desenlace) principal(es) y secundarias, incluidos cómo y cuándo se evaluarán	
	6b	Cualquier cambio en las variables respuesta tras el inicio del ensayo, junto con los motivos de la(s) modificación(es)	
Tamaño muestral	7a	Cómo se determinó el tamaño muestral	
	7b	Si corresponde, explicar cualquier análisis intermedio y las reglas de interrupción	
<b>Aleatorización:</b>			
Generación de la secuencia	8a	Método utilizado para generar la secuencia de asignación aleatoria	
	8b	Tipo de aleatorización; detalles de cualquier restricción (como bloques y tamaño de los bloques)	
Mecanismo de ocultación de la asignación	9	Mecanismo utilizado para implementar la secuencia de asignación aleatoria (como contenedores numerados de modo secuencial), describiendo los pasos realizados para ocultar la secuencia hasta que se asignaron las intervenciones	
Implementación	10	Quién generó la secuencia de asignación aleatoria, quién seleccionó a los participantes y quién asignó los participantes a las intervenciones	
Enmascaramiento	11a	Si se realizó, a quién se mantuvo cegado después de asignar las intervenciones (p. ej., participantes, cuidadores, evaluadores del resultado) y de qué modo	
	11b	Si es relevante, descripción de la similitud de las intervenciones	

CONSORT 2010 lista de comprobación de la información

Página nº 1

Métodos estadísticos	12a	Métodos estadísticos utilizados para comparar los grupos en cuanto a la variable respuesta principal y las secundarias	
	12b	Métodos de análisis adicionales, como análisis de subgrupos y análisis ajustados	
<b>Resultados</b>			
Flujo de participantes (se recomienda encarecidamente un diagrama de flujo)	13a	Para cada grupo, el número de participantes que se asignaron aleatoriamente, que recibieron el tratamiento propuesto y que se incluyeron en el análisis principal	
	13b	Para cada grupo, pérdidas y exclusiones después de la aleatorización, junto con los motivos	
Reclutamiento	14a	Fechas que definen los períodos de reclutamiento y de seguimiento	
	14b	Causa de la finalización o de la interrupción del ensayo	
Datos basales	15	Una tabla que muestre las características basales demográficas y clínicas para cada grupo	
Números analizados	16	Para cada grupo, número de participantes (denominador) incluidos en cada análisis y si el análisis se basó en los grupos inicialmente asignados	
Resultados y estimación	17a	Para cada respuesta o resultado final principal y secundario, los resultados para cada grupo, el tamaño del efecto estimado y su precisión (como intervalo de confianza del 95%)	
	17b	Para las respuestas dicotómicas, se recomienda la presentación de los tamaños del efecto tanto absoluto como relativo	
Análisis secundarios	18	Resultados de cualquier otro análisis realizado, incluido el análisis de subgrupos y los análisis ajustados, diferenciando entre los especificados a priori y los exploratorios	
Daños (Perjuicios)	19	Todos los daños (perjuicios) o efectos no intencionados en cada grupo (para una orientación específica, véase "CONSORT for harms")	
<b>Discusión</b>			
Limitaciones	20	Limitaciones del estudio, abordando las fuentes de posibles sesgos, las de imprecisión y, si procede, la multiplicidad de análisis	
Generalización	21	Posibilidad de generalización (validez externa, aplicabilidad) de los hallazgos del ensayo	
Interpretación	22	Interpretación consistente con los resultados, con balance de beneficios y daños, y considerando otras evidencias relevantes	
<b>Otra información</b>			
Registro	23	Número de registro y nombre del registro de ensayos	
Protocolo	24	Dónde puede accederse al protocolo completo del ensayo, si está disponible	
Financiación	25	Fuentes de financiación y otras ayudas (como suministro de medicamentos), papel de los financiadores	

\* Recomendamos de modo encarecido leer esta lista de comprobación junto con "the CONSORT 2010 Explanation and Elaboration" para aclarar dudas importantes sobre todos los ítems. Si procede, también recomendamos leer las extensiones de CONSORT para ensayos aleatorizados por conglomerados, ensayos de no-inferioridad y equivalencia, tratamientos no farmacológicos, intervenciones de medicamentos herbales y ensayos pragmáticos. Se están preparando otras extensiones para éstas y para referencias actualizadas relevantes, relacionadas con esta lista de verificación, véase [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org)

CONSORT 2010 lista de comprobación de la información

Página nº 2



## ANEXO 3. INFORME FAVORABLE DEL COMITÉ DE ÉTICA



Universidad  
Rey Juan Carlos

Rectorado

D. José Luis del Barrio Fernández, Secretario del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Rey Juan Carlos,

### CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado el proyecto de investigación titulado:

**VALORACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA LEAP MOTION CAPTURE® SOBRE LA FUNCIONALIDAD DEL MIEMBRO SUPERIOR EN EL DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO**

Con número de registro interno: 1603201806018

y considera que:

- Se cumplen los requisitos éticos necesarios del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para los participantes.
- La capacidad de la investigadora y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Por lo que ha decidido emitir un dictamen **FAVORABLE** para la realización de dicho proyecto, cuya investigadora principal es **Doña ÁNGELA AGUILERA RUBIO** de la Facultad de Ciencias de la Salud de la URJC.

Lo que firmo en Móstoles a 18 de abril de 2018.

Firmado: D. José Luis del Barrio Fernández.

• Este informe sólo tiene validez para el proyecto o procedimiento propuesto y en las condiciones en ellos descritas. Cualquier cambio que afecte a las implicaciones éticas y/o de seguridad del mismo y de los participantes, invalida este informe y deberá ser puesto en conocimiento de este Comité de Ética para su valoración.

• El Comité de Ética de la Investigación puede instar a las autoridades autonómicas para que proceda a la suspensión cautelar de la investigación autorizada en los casos en los que no se hayan observado los requisitos que establece la legislación vigente y sea necesaria para proteger los derechos de los ciudadanos.



## ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO



### CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### **Valoración de la efectividad del sistema Leap Motion Capture® sobre la funcionalidad del miembro superior en ictus.**

APELLIDOS:

NOMBRE:

Le proponemos participar en un estudio de colaboración con la Universidad Rey Juan Carlos.

#### **1. ¿Qué es y qué persigue este estudio?**

Actualmente las nuevas tecnologías se están posicionando como una herramienta de interés como complemento a la rehabilitación en pacientes con patología neurológica. Como sabe, el ictus produce alteraciones motoras que limitan la funcionalidad de las personas que la padecen. El presente estudio consiste en valorar la efectividad del sistema Leap Motion Capture® en la mejora de la funcionalidad del miembro superior en personas con ictus. Se trata de un sistema de realidad virtual semi-inmersivo que registra el movimiento de las extremidades superiores, sin la necesidad de colocar ningún sensor o aparato sobre el cuerpo del paciente. Se genera una imagen virtual de los miembros superiores en una pantalla de ordenador en la que el paciente tendrá que realizar una serie de movimientos según los ejercicios planteados (tocar objetos, alcanzar y soltar figuras, y seguir secuencias de movimientos, entre otros). Con ello, pretendemos valorar si existen efectos sobre la fuerza, movilidad, coordinación y función de los miembros superiores en las personas que usan este tipo de sistema.

#### **2. ¿Cómo se realizará el estudio y lugar de realización?**

Todos los participantes del estudio serán reclutados del centro de fisioterapia neurológica NeuroAvanza en Madrid. Todos los participantes serán valorados por fisioterapeutas, en horarios en los que no se interrumpan sus terapias habituales.

La valoración consistirá en realizar once test para valorar aspectos de la función del miembro superior (fuerza, coordinación o destreza), calidad de vida y nivel de satisfacción. La duración de toda la valoración se estima que sea alrededor de una hora.

Se establecen dos grupos, grupo control y grupo experimental. En un sobre habrá papeles marcados con una X (grupo experimental) y papeles en blanco (grupo control). Los propios participantes serán los que elijan uno de los papeles, y automáticamente se les adjudicará uno de los dos grupos, en función del papel escogido. Ambos recibirán tratamiento de fisioterapia convencional.

El grupo control recibirá tratamiento de fisioterapia convencional con sesiones de 60 minutos de duración. Se establecen 2 sesiones a la semana durante 8 semanas (16 sesiones).

El grupo experimental recibirá tratamiento de fisioterapia convencional durante 30 minutos más la terapia intervención con el sistema Leap Motion Capture® durante otros 30 minutos. Se realizan 2 sesiones a la semana durante un periodo de 8 semanas (16 sesiones) con la presencia de un fisioterapeuta del centro NeuroAvanza en la propia clínica.

Todos los participantes, antes de comenzar la terapia realizarán una evaluación inicial. Posteriormente al tiempo de tratamiento, los participantes serán re-evaluados por los mismos profesionales, así como en un periodo de seguimiento de un mes habiendo interrumpido la terapia con el sistema Leap Motion Capture®.

### 3. Beneficios y riesgos

El estudio no supone ningún riesgo para los participantes. Los datos recogidos permitirán obtener más información sobre la efectividad de los sistemas de realidad virtual semi-inmersivos.

### 4. Confidencialidad de los datos e imágenes

De acuerdo con la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, los datos personales que se le requieren (sexo, edad, situación laboral, etc.) son los estrictamente necesarios. Ninguno de estos datos serán revelados a personas externas. Su participación es anónima.

De acuerdo con la ley vigente tiene usted derecho al acceso a sus datos personales, asimismo, y si está debidamente justificado, tiene derecho a su rectificación y cancelación. Los resultados del estudio podrán ser comunicados a las autoridades sanitarias y, eventualmente, a la comunidad científica a través de congresos y/o publicaciones.

He leído la hoja de información que se me ha entregado, he podido realizar las preguntas necesarias y he aceptado voluntariamente mi participación en este estudio. He firmado por duplicado este consentimiento informado. Además, me han ofrecido la oportunidad de revocar este consentimiento en cualquier momento del tratamiento.

A continuación se muestran los datos de la investigadora principal, Ángela Aguilera, por si surge cualquier duda o tiene la necesidad de ponerse en contacto para cualquier tema.

Centro	NeuroAvanza
Dirección:	Avd. Arcentales 26, Madrid
Teléfono:	917759544
Teléfono móvil:	660889230

Fecha.....

Firma del participante

Investigador principal.....

## ANEXO 5. ESCALA FUGL-MEYER

### VALORACIÓN DE FUGL-MEYER EXTREMIDAD SUPERIOR (FMA-ES)

Identificación:

Fecha:

Valoración de la función sensoriomotora

Examinador:

*Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine 1975, 7:13-31.*

A. EXTREMIDAD SUPERIOR, posición sedente					
<b>I. Actividad refleja</b>		ning.	puede ser provocada		
Flexores: Bíceps y flexores de los dedos (al menos uno)		0	2		
Extensores: Tríceps		0	2		
Subtotal I (máx. 4)					
<b>II. Movimiento voluntario dentro de sinergias, sin ayuda gravitacional</b>		ning.	parcial	total	
Sinergia flexora: Mano desde rodilla contralateral hasta oído ipsilateral. Desde la sinergia extensora (aducción de hombro/rotación interna, extensión del codo, pronación del antebrazo) hasta la sinergia flexora (abducción del hombro /rotación externa, flexión del codo, supinación del antebrazo).	Hombro	Retracción	0	1	2
		Elevación	0	1	2
		Abducción (90°)	0	1	2
		Rotación externa	0	1	2
	Codo	Flexión	0	1	2
	Antebrazo	Supinación	0	1	2
Sinergia extensora: Mano desde el oído ipsilateral hasta la rodilla contralateral	Hombro	Aducción/rotac. inter	0	1	2
	Codo	Extensión	0	1	2
	Antebrazo	Pronación	0	1	2
Subtotal II (máx. 18)					
<b>III. Movimiento voluntario mezclando sinergias, sin compensación</b>		ning.	parcial	total	
Mano hasta la columna lumbar Mano sobre regazo	No puede realizar, mano en frente a espina iliaca antero-superior		0	1	2
	Mano detrás de espina iliaca antero-superior (sin compensación)				
	Mano hasta la columna lumbar (sin compensación)				
Flexión de hombro 0°-90° Codo a 0°	Abducción inmediata o flexión de codo		0	1	2
	Abducción o flexión de codo durante movimiento				
Pronación-supinación 0°	90° de flexión, no abducción de hombro ni flexión de codo		0	1	2
Pronación-supinación Codo a 90° Hombro a 0°	No pronación/supinación, imposible posición inicio		0	1	2
	Pronación/supinación limitada, mantiene posición de inicio				
	Pronación/supinación completa, mantiene posición de inicio				
Subtotal III (máx. 6)					
<b>IV. Movimiento voluntario con poca o ninguna sinergia</b>		ning.	parcial	total	
Abducción de hombro 0°-90° Codo a 0° Antebrazo pronado	Supinación inmediata o flexión de codo		0	1	2
	Supinación o flexión de codo durante movimiento				
Flexión de hombro 90°-180° Codo a 0°	Abducción inmediata o flexión de codo		0	1	2
	Abducción o flexión de codo durante movimiento				
Pronación-supinación 0°	Flexión de 180°, no abducción de hombro o flexión de codo		0	1	2
Pronación/supinación Codo a 0° Hombro a flexión de 30°-90°	No pronación/supinación, imposible posición inicio		0	1	2
	Pronación/supinación limitada, mantiene posición de inicio				
	Pronación/supinación completa, mantiene posición de inicio				
Subtotal IV (máx. 6)					
<b>V. Actividad refleja normal evaluada solo si se logra puntaje total de 6 en parte IV</b>					
Bíceps, Tríceps, Flexores de dedos	0 puntos en parte IV o 2 de 3 reflejos marcadamente hiperactivos		0	1	2
	1 reflejo marcadamente hiperactivo o al menos 2 reflejos enérgicos				
	Máximo de 1 reflejo enérgico, ninguno hiperactivo				
Subtotal V (máx. 2)					
<b>Total A. EXTREMIDAD SUPERIOR (máx. 36)</b>					

<b>B. MUÑECA</b> se puede dar apoyo en el codo para adoptar o mantener la posición, no apoyo en muñeca, verifique rango pasivo de movimiento antes de realizar prueba		ning.	parcial	total
<b>Estabilidad a flexión dorsal de 15°</b> Codo a 90°, antebrazo pronado Hombro a 0°	Flexión dorsal activa menor de 15° 15° de Flexión dorsal, no tolera resistencia Mantiene flexión dorsal contra resistencia	0	1	2
<b>Flexión dorsal/volar repetida</b> Codo a 90°, antebrazo pronado Hombro a 0° leve (flexión de los dedos)	No puede realizar voluntariamente Rango de movimiento activo limitado Rango de movimiento activo completo, fluido	0	1	2
<b>Estabilidad a flexión dorsal de 15°</b> Codo a 0°, antebrazo pronado Leve flexión/abducción de hombro	Flexión dorsal activa menor de 15° 15° de flexión dorsal, sin resistencia Mantiene posición contra resistencia	0	1	2
<b>Flexión dorsal/volar repetida</b> Codo a 0°, antebrazo pronado Leve flexión/abducción de hombro	No puede realizar voluntariamente Rango de movimiento activo limitado Rango de movimiento activo completo, fluido	0	1	2
<b>Circunducción</b> Codo a 90°, antebrazo pronado, hombro a 0°	No puede realizar voluntariamente Movimiento brusco o incompleto Circunducción completa y suave	0	1	2
<b>Total B (máx. 10)</b>				
<b>C. MANO</b> se puede dar apoyo en el codo para mantener flexión de 90°, no apoyo en la muñeca, compare con mano no afectada, los objetos están interpuestos, agarre activo		ning.	parcial	total
<b>Flexión en masa</b>	Desde extensión total activa o pasiva	0	1	2
<b>Extensión en masa</b>	Desde flexión total activa o pasiva	0	1	2
<b>AGARRE</b>				
<b>a. Agarre de gancho</b> flexión en IFP y IFD (dígitos II – V) Extensión en MCF II-V	No puede realizar Puede mantener posición pero débil Mantiene posición contra resistencia	0	1	2
<b>b. Aducción de pulgar</b> 1er CMC, MCF, IFP a 0°, trozo de papel Entre pulgar y 2da articulación MCF	No puede realizar Puede sostener papel pero no contra tirón Puede sostener papel contra tirón	0	1	2
<b>c. Agarre tipo pinza, oposición</b> Pulpejo del pulgar, contra pulpejo del 2 do dedo, se tira o hala el lápiz hacia arriba	No puede realizar Puede sostener lápiz pero no contra tirón Puede sostener lápiz contra tirón	0	1	2
<b>d. Agarre cilíndrico</b> Objeto en forma cilíndrica (pequeña lata) Se tira o hala hacia arriba con oposición en dígitos I y II	No puede realizar Puede sostener cilindro pero no contra tirón Puede sostener cilindro contra tirón	0	1	2
<b>e. Agarre esférico</b> Dedos en abducción/flexión, pulgar opuesto, bola de tenis	No puede realizar Puede sostener bola pero no contra tirón Puede sostener bola contra tirón	0	1	2
<b>Total C (máx. 14)</b>				
<b>D. COORDINACIÓN/VELOCIDAD</b> después de una prueba con ambos brazos, con los ojos vendados, punta del dedo índice desde la rodilla hasta la nariz, 5 veces tan rápido como sea posible		marcado	leve	ninguno
<b>Tembor</b>	Al menos 1 movimiento completo	0	1	2
<b>Disimetría</b> Al menos 1 movimiento completo	Pronunciada o asistémica Leve y sistemática No disimetría	0	1	2
		> 6s	2 - 5s	< 2s
<b>Tiempo</b> Inicio y final con la mano sobre la rodilla	Al menos 6 seg. más lento que el lado no afectado 2-5 seg. más lento que el lado no afectado Menos de 2 segundos de diferencia	0	1	2
<b>Total D (máx. 6)</b>				
<b>Total A-D (máx. 6)</b>				

H. SENSACIÓN, extremidad superior con los ojos vendados, comparado con el lado no afectado		anestesia	hipoestesia disestesia	normal
Tacto Suave	Brazo, antebrazo, superficie palmar de mano	0 0	1 1	2 2
		ausencia menos de ¼ correcto	¾ correcto considerable diferencia	correcto 100% poca o no diferencia
Posición	Hombro	0	1	2
Pequeña alteración en la posición	Codo	0	1	2
	Muñeca	0	1	2
	Pulgar (articulación - IF)	0	1	2
<b>Total H. (máx. 12)</b>				

I. MOVIMIENTO ARTICULAR PASIVO, extremidad superior				J. DOLOR ARTICULAR durante movimiento pasivo, extremidad superior		
Posición sedente, compare con lado no afectado	solo pocos grados (menos de 10° en hombro)	disminuido	normal	dolor constante pronunciado durante o al final del movimiento o dolor muy marcado al final del movimiento	algún dolor	no dolor
<b>Hombro</b>						
Flexión (0°-180°)	0	1	2	0	1	2
Abducción (0°-90°)	0	1	2	0	1	2
Rotación externa	0	1	2	0	1	2
Rotación interna	0	1	2	0	1	2
<b>Codo</b>						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
<b>Antebrazo</b>						
Pronación	0	1	2	0	1	2
Supinación	0	1	2	0	1	2
<b>Muñeca</b>						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
<b>Dedos</b>						
Flexión	0	1	2	0	1	2
Extensión	0	1	2	0	1	2
<b>Total I (máx. 24)</b>				<b>Total J(max. 24)</b>		

A. EXTREMIDAD SUPERIOR	/36
B. MUÑECA	/10
C. MANO	/14
D. COORDINACIÓN/VELOCIDAD	/8
<b>TOTAL A - D (función motora)</b>	<b>/68</b>

H. SENSACION	/12
I. MOVIMIENTO ARTICULAR PASIVO	/24
J. DOLOR ARTICULAR	/24



## ANEXO 6. ACTION RESEARCH ARM TEST

### Scoreform ARA test

Name patient :  
 Date of birth :  
 File number :  
 Paretic side :  
 Test date :  
 Name rater :

#### A. Subtest 'five-finger-grip'

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Block 10 cm (if score = 3 then total A = 18; go to subtest B)		4.1 / 4.3 sec	
2. Block 2,5 cm (if score = 0 then total A = 0; go to subtest B)		3.5 / 3.6 sec	
3. Block 5 cm		3.5 / 3.6 sec.	
4. Block 7,5 cm		3.8 / 3.9 sec.	
5. Ball		3.7 / 3.9 sec.	
6. Metal rectangle		3.5 / 3.8 sec.	
<b>TOTAL A:</b>			

#### B. Subtest 'cylindrical-grasp'

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Cup with water (if score = 3 then total B = 12; go to subtest C)		7.8 / 7.9 sec	
2. Tube 2,5 cm (if score = 0 then total B = 0; go to subtest C)		4.1 / 4.2 sec	
3. Tube 1 cm		4.1 / 4.4 sec.	
4. Ring (3,5 cm) with synthetic hold		3.9 / 4.1 sec.	
<b>TOTAL B:</b>			

#### C. Subtest 'pincer-grip'

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Ball bearing 6 mm (thumb-ring finger) (if score = 3 then total C = 18; go to subtest D)		4.4 / 4.5 sec	
2. Marble 1,5 cm (thumb-index finger) (if score = 0 then total C = 0; go to subtest D)		3.7 / 3.9 sec	
3. Marble 1,5 cm (thumb-middle finger)		3.8 / 3.9 sec.	
4. Marble 1,5 cm (thumb-ring finger)		3.8 / 4.2 sec.	
5. Ball bearing 6 mm (thumb-index finger)		3.8 / 4.2 sec.	
6. Ball bearing 6 mm (thumb-middle finger)		4.0 / 4.1 sec.	
<b>TOTAL C:</b>			

#### D. Subtest 'gross movements'

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Hand - back of the head (if score = 3 then total D = 9; end test)		2.6 / 2.8 sec	
2. Hand - mouth (if score = 0 then total D = 0; end test)		2.4 / 2.5 sec	
3. Hand - top of the head		2.6 / 2.8 sec.	
<b>TOTAL D:</b>			
<b>TOTAL SCORE ON THE ARA TEST (maximum score = 57):</b>			



## ANEXO 7. CUESTIONARIO DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

### CUESTIONARIO DE INCAPACIDADES DEL BRAZO, HOMBRO Y MANO DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand)

Por favor califique su habilidad para realizar las siguientes actividades durante la última semana, marcando con un círculo el número sobre cada línea.

Fecha:

Nombre:

#Documento de identidad:

Edad:

Lateralidad: Derecho  Izquierdo

Extremidad Sintomática: Derecho  Izquierdo

		NINGUNA DIFICULTAD	DIFICULTAD LEVE	DIFICULTAD MODERADA	DIFICULTAD SEVERA	INCAPAZ
1	Abrir un frasco nuevo o apretado	1	2	3	4	5
2	Escribir	1	2	3	4	5
3	Girar una llave	1	2	3	4	5
4	Preparar una comida	1	2	3	4	5
5	Empujar una puerta pesada	1	2	3	4	5
6	Poner un objeto en una repisa ubicada por encima de su cabeza	1	2	3	4	5
7	Realizar oficios caseros pesados (como lavar pisos o paredes)	1	2	3	4	5
8	Podar o arreglar un jardín o las plantas de su casa	1	2	3	4	5
9	Tender la cama	1	2	3	4	5
10	Cargar una bolsa o un maletín	1	2	3	4	5
11	Cargar un objeto pesado (de más de 5 Kg.)	1	2	3	4	5
12	Cambiar una bombilla alta (ubicada por encima del nivel de su cabeza)	1	2	3	4	5
13	Lavarse o secarse el pelo	1	2	3	4	5
14	Lavarse la espalda	1	2	3	4	5
15	Ponerse un buzo o saco cerrado	1	2	3	4	5
16	Cortar comida con un cuchillo	1	2	3	4	5
17	Realizar actividades de recreación que requieren poco esfuerzo utilizando el brazo, hombro o mano (por ejemplo: jugar cartas, tejer, etc.)	1	2	3	4	5
18	Realizar actividades recreativas que requieren esfuerzo utilizando su brazo, hombro o mano (por ejemplo: jugar tenis, bolos, tejo, etc.)	1	2	3	4	5
19	Realizar actividades recreativas que requieren mover libremente su brazo (por ejemplo: tenis de mesa, natación, volar cometas, etc.)	1	2	3	4	5
20	Usar medios de transporte para ir de un lugar a otro	1	2	3	4	5
21	Realizar actividades íntimas de pareja	1	2	3	4	5

		NINGUNA	LEVE	MODERADA	BASTANTE	EXTREMA
22	Qué tanta dificultad ha tenido en la última semana para participar en actividades sociales normales con su familia, amigos o vecinos por el problema en su brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5

		NADA	LEVEMENTE	MODERADAMENTE	BASTANTE	EXTREMADAMENTE
23	Durante la última semana se vio limitado en sus actividades diarias como resultado del problema en su brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5

Por favor califique la severidad de los siguientes síntomas durante la última semana (marque con un círculo una respuesta en cada renglón)

		NADA	LEVE	MODERADA	BASTANTE	EXTREMA
24	Dolor de Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5
25	Dolor en el Brazo, Hombro o Mano cuando usted realiza alguna actividad específica	1	2	3	4	5
26	Hormigueo o sensación de agujas en su Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5
27	Debilidad en su Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5
28	Rigidez en su Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5

		NINGUNA DIFICULTAD	DIFICULTAD LEVE	DIFICULTAD MODERADA	DIFICULTAD SEVERA	LA DIFICULTAD NO ME DEJA DORMIR
29	Qué tanta dificultad tuvo en la última semana para dormir por su dolor en su Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5

		TOTAL DESACUERDO	DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
30	Me siento Incapaz, menos seguro o menos útil debido a mi problema del Brazo, Hombro o Mano	1	2	3	4	5

**ANEXO 8. CUESTIONARIO DE SALUD SF-36**

**CUESTIONARIO DE SALUD SF-36**

Versión española de SF-36v2™ Health Survey © 1996, 2000 adaptada por J. Alonso y cols 2003.

**1. En general, usted diría que su salud es:**

<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> Excelente	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> Muy buena	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup> Buena	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup> Regular	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup> Mala
--	--	--	--	---

**2. ¿Cómo diría usted que es su salud actual, comparada con la de hace un año?:**

Mucho mejor ahora que hace un año <input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	Algo mejor ahora que hace un año <input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	Más o menos igual que hace un año <input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	Algo peor ahora que hace un año <input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	Mucho peor ahora que hace un año <input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
--	---	--	--	---

**3. Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual, ¿le limita para hacer esas actividades o cosas? Si es así, ¿cuánto?**

	Sí, me limita mucho	Sí, me limita un poco	No, no me limita nada
a Esfuerzos <u>intensos</u> , tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
b Esfuerzos <u>moderados</u> , como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de 1 hora. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
c Coger o llevar la bolsa de la compra. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
d Subir <u>varios</u> pisos por la escalera. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
e Subir <u>un sólo</u> piso por la escalera. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
f Agacharse o arrodillarse. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
g Caminar <u>un kilómetro o más</u> -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
h Caminar varios centenares de metros. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
i Caminar unos 100 metros. -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>
j Bañarse o vestirse por <u>sí mismo</u> . -----	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> -----	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>

Mucho mejor ahora que hace un año  1

Algo mejor ahora que hace un año  2

Más o menos igual que hace un año  3

Algo peor ahora que hace un año  4

Mucho peor ahora que hace un año  5



11549035

**5. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido o nervioso)?**

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca
a. ¿Tuvo que <u>reducir el tiempo</u> dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas <u>por algún problema emocional</u> ? .....	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b. ¿Hizo <u>menos de lo que hubiera querido hacer</u> por algún problema emocional? .....	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c. ¿Hizo su trabajo o sus actividades cotidianas <u>menos cuidadosamente</u> que de costumbre, <u>por algún problema emocional</u> ? .....	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**6. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?**

Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**7. ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?**

No, ninguno	Sí, muy poco	Sí, un poco	Sí, moderado	Sí, mucho	Sí, muchísimo
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6

**8. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?**

Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

9. Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted. Durante las últimas 4 semanas ¿con qué frecuencia...

	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca
a se sintió lleno de vitalidad? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
b estuvo muy nervioso? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
c se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
d se sintió calmado y tranquilo? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
e tuvo mucha energía? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
f se sintió desanimado y deprimido? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
g se sintió agotado? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
h se sintió feliz? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
i se sintió cansado? .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>

10. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca
<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>

11. Por favor diga si le parece CIERTA o FALSA cada una de las siguientes frases:

	Totalmente cierta	Bastante cierta	No lo sé	Bastante falsa	Totalmente falsa
a Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
b Estoy tan sano como cualquiera .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
c Creo que mi salud va a empeorar .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>
d Mi salud es excelente .....	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>5</sup>



## ANEXO 9. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN CON LA TECNOLOGÍA

### CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN ENSAYO LEAP MOTION CONTROLLER®

Por favor para mejorar nuestros servicios nos gustaría hacerle algunas preguntas sobre la atención que usted ha recibido.

Nos interesa conocer su verdadera opinión, sea esta positiva o negativa. Por favor responda a todas las cuestiones que le planteamos.

	1	2	3	4
1. BAJO SU CRITERIO, ¿CREE QUE ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS INTRODUCE UN ASPECTO MOTIVANTE A LA TERAPIA?	Definitivamente no	No, no mucho	Probablemente si	Definitivamente si
2. ¿LE HA RESULTADO FÁCIL EL USO DE ESTE DISPOSITIVO?	Definitivamente no	No, no mucho	Si, generalmente	Definitivamente si
3. ¿CON QUÉ FRECUENCIA UTILIZA USTED APARATOS ELECTRÓNICOS (TELÉFONO MÓVIL, ORDENADOR, VIDEO CONSOLAS...)?	Nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente
4. ¿HA REFERIDO DOLOR, MOLESTIAS O FATIGA DURANTE LA TERAPIA?	Muy frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
5. ¿HA SIDO ÚTIL QUE EL TERAPEUTA ESTÉ A SU LADO DURANTE LA TERAPIA?	Definitivamente no	No, no mucho	Si, generalmente	Definitivamente si
6. DURANTE LA TERAPIA, ¿HAN APARECIDO PROBLEMAS TÉCNICOS COMO PÉRDIDA DE SEÑAL DEL DISPOSITIVO U OTROS?	Nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente
7. ¿LE PARECE ÚTIL ESTE DISPOSITIVO PARA SU REHABILITACIÓN?	Definitivamente no	No, no mucho	Si, generalmente	Definitivamente si

<b>8. DE FORMA GENERAL, ¿CÓMO VALORA SU EXPERIENCIA CON EL DISPOSITIVO LEAP MOTION CONTROLLER?</b>	Mala	Regular	Buena	Excelente
<b>9. ¿ES PARTIDARIO/A DE INTRODUCIR NUEVAS TECNOLOGÍAS EN SU PROCESO DE REHABILITACIÓN?</b>	Definitivamente no	No, no mucho	Probablemente si	Definitivamente si

# ANEXO 10. FEASIBILITY AND EFFICACY OF A VIRTUAL REALITY GAME-BASED UPPER EXTREMITY MOTOR FUNCTION REHABILITATION THERAPY IN PATIENTS WITH CHRONIC STROKE: A PILOT STUDY



International Journal of  
*Environmental Research  
and Public Health*



Article

## Feasibility and Efficacy of a Virtual Reality Game-Based Upper Extremity Motor Function Rehabilitation Therapy in Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study

Ángela Aguilera-Rubio <sup>1,2</sup>, Alicia Cuesta-Gómez <sup>3,\*</sup>, Ana Mallo-López <sup>1,2</sup>, Alberto Jardón-Huete <sup>4</sup>, Edwin Daniel Oña-Simbaña <sup>4</sup> and Isabel M<sup>a</sup> Alguacil-Diego <sup>3</sup>

<sup>1</sup> International PhD School, Rey Juan Carlos University, 28008 Madrid, Spain; a.aguilera.2016@alumnos.urjc.es (Á.A.-R.); a.mallo.2019@alumnos.urjc.es (A.M.-L.)

<sup>2</sup> NeuroAvanza Neurological Physiotherapy Center, 28022 Madrid, Spain

<sup>3</sup> Department of Physical Therapy, Occupational Therapy, Rehabilitation and Physical Medicine, Faculty of Health Sciences, Rey Juan Carlos University, 28922 Madrid, Spain; isabel.alguacil@urjc.es

<sup>4</sup> Robotics Lab, University Carlos III of Madrid, Leganés, 28911 Madrid, Spain; ajardon@ing.uc3m.es (A.J.-H.); eona@ing.uc3m.es (E.D.O.-S.)

\* Correspondence: alicia.cuesta@urjc.es; Tel.: +34-914888948



**Citation:** Aguilera-Rubio, Á.; Cuesta-Gómez, A.; Mallo-López, A.; Jardón-Huete, A.; Oña-Simbaña, E.D.; Alguacil-Diego, I.M. Feasibility and Efficacy of a Virtual Reality Game-Based Upper Extremity Motor Function Rehabilitation Therapy in Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 3381. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063381>

Academic Editors: Rosa Angela Fabio and Paul B. Tchounwou

Received: 29 January 2022

Accepted: 9 March 2022

Published: 13 March 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Background: The objective of the present study was to develop a virtual reality protocol based on activities of daily living and conventional rehabilitation, using Leap Motion Controller to improve motor function in upper extremity rehabilitation in stroke patients. At the same time, the purpose was to explore its efficacy in the recovery of upper extremity motor function in chronic stroke survivors, and to determine feasibility, satisfaction and attendance rate; Methods: A prospective pilot experimental clinical trial was conducted. The outcome measures used were the grip strength, the Action Research Arm Test (ARAT), the Block and Box Test (BBT), the Short Form Health Survey-36 Questionnaire, a satisfaction questionnaire and attendance rate; Results: Our results showed statistically significant changes in the variables grip strength, BBT and ARAT as well as high levels of satisfaction and attendance; Conclusions: This virtual reality platform represents an effective tool in aspects of upper extremity functionality rehabilitation in patients with chronic stroke, demonstrating feasibility and high levels of attendance and satisfaction.

**Keywords:** stroke; virtual reality; upper extremity; video games; neurorehabilitation

### 1. Introduction

Stroke is the leading cause of acquired disability in adults. It is a pathology that implies a health, personal, family and social burden due to its impact on the lives of the people who suffer from it and their caregivers [1].

The involvement of the upper extremity (UE) appears in up to 85% of patients who survive a stroke, affecting their quality of life [2]. The recovery of the motor function of the UE is essential in the development of ADLs, but it is also the origin of the difficulty of their recovery, as many of these activities require the coordinated use of both hands [3]. Furthermore, the complexity of its recovery, compared to the lower limb, underlies the fact that the main functional objective of the UE is the interaction between the individual and the environment in an efficient way, and for this, it is necessary to be able to move the hand in space performing reaching movements, subsequently being able to manipulate, grasp and develop various activities [3,4].

Rehabilitation treatment after a stroke often requires a long period of time, in some cases even a lifetime, and motivation plays a key role in this process. This motivation is the most important factor in terms of treatment effect in stroke patients, so treatment effects depend not only on the efforts of doctors and therapists, but also on the patient's active

48. Dabholkar, A.; Mehta, D.; Yardi, S.; Dabholkar, T. Assessment of scapular behavior in stroke patients. *Int. J. Health Rehabil. Sci.* **2015**, *4*, 95. [[CrossRef](#)]
49. Adams, R.J.; Ellington, A.L.; Armstead, K.; Sheffield, K.; Patrie, J.T.; Diamond, P.T. Upper Extremity Function Assessment Using a Glove Orthosis and Virtual Reality System. *OTJR* **2019**, *39*, 81–89. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Stevens, E.; McKeivitt, C.; Emmett, E.; Wolfe, C.D. El Impacto del Ictus en Europa [Internet]. ISBN 978-1-5272-0858-2. 2014, pp. 1–42. Available online: <https://ictusfederacion.es/wp-content/uploads/2018/11/Informe-completo-compressed.pdf> (accessed on 22 June 2021).
51. Lee, H.S.; Park, Y.J.; Park, S.W. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed. Res. Int.* **2019**, *2019*, 7595639. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

