

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA: NODO DE LA INTERFAZ CEREBRO- MIEMBRO SUPERIOR HEMIPARÉTICO EN EL ACCIDENTE CEREBROVASCULAR SUBAGUDO



AUTORA: NATALIA REGUEIRA SENRA

DIRECTORA: Dra. ANA MARÍA INSAUSTI SERRANO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD - UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA 2019/2020

CONVOCATORIA: 27 DE MAYO 2020



RESUMEN

Antecedentes: El accidente cerebrovascular (ACV) es una de las patologías con mayor incidencia en la actualidad. Conlleva diversos tipos de secuelas en los pacientes siendo la hemiplejía una de las más aquejadas y comprometiendo su autonomía y su entorno socio – económico.

Objetivo: Estudiar la influencia de los dispositivos de realidad virtual inmersiva junto con la fisioterapia convencional y conocer los mecanismos cerebrales fisiológicos que subyacen a estas técnicas.

Metodología: Revisión bibliográfica y propuesta de estudio observacional tras consulta las bases de datos Dynamed, PEDro, Pubmed, Science Direct.

Resultados: Se evidencia que la rehabilitación terapéutica convencional junto con dispositivos de realidad virtual inmersiva, revelan efectos beneficiosos en la recuperación funcional y autonomía del paciente.

Conclusión: La combinación de una rehabilitación fisioterapéutica convencional junto con los dispositivos de realidad virtual, proporcionan una mayor efectividad funcional y retorno de sus actividades diarias con mayor autonomía.

Palabras clave: “Realidad virtual”, “accidente cerebrovascular”, “activación cortical”

Número de palabras del documento: 16.100



ABSTRACT

Background: Currently, a stroke is one of the pathologies with the most impact. It carries different types of side effects in patients, one of them being the hemiplegia, which is one of the most afflicted while also compromising its autonomy and its socioeconomic environment.

Objective: Study the influence of immersive virtual reality devices along with conventional physiotherapy and understand the physiological brain mechanisms underlying these techniques.

Methods: Literature review and proposal of observational study after consulting the database *Dynamed, PEDro, PubMed* and *Science Direct*.

Results: It is evident that conventional physiotherapeutic rehabilitation, along with immersive virtual reality devices, reveal beneficial effects in functional recovery and patient autonomy.

Conclusion: The combination of conventional physiotherapeutic rehabilitation with immersive virtual reality devices provide better functional effectiveness and return to daily activities with greater autonomy.

Key words: “Virtual reality”, “stroke”, “cortical activation”,

Number of words: 16.100



GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ACM: Arteria Media Cerebral	IPL: Lóbulo parietal inferior
ACV: Accidente Cerebro Vascular	iPar: Cortex parietal ipsilateral
AIT: Accidente Isquémico transitorio	ITG: Giro Temporal Inferior
ARAT: <i>Action Research Arm test</i>	MTG: Giro Temporal Medial
ASA/AHA: <i>American Heart Association</i>	M1: área motora primaria
BBT: <i>Box and Block Test</i>	MMSS: Miembros superiores
BOLD: <i>Blood Oxigenation Level – Dependent</i>	OMS: Organización Mundial de la Salud
B4: Área 4 de Broadmann	Op1: Opérculo 1
B6: Área 6 de Brodmann	Op4: Opérculo 4
CCA: Corteza cingulada anterior	OT: terapia ocupacional
CEI: Comité de la Ética de Investigación	RMNf: Resonancia magnética funcional
CMB: Classical mirror Box	RV: Realidad virtual
cM1: Córtex motor primario contralateral	S1: Área somatosensorial primaria
cPar: Córtex parietal contralateral	SEN: Sociedad Española de Neurología
DTI: Difusor de Tensión de Imágenes	SMA: Área Motora Suplementaria
ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado	TC: Tomografía Computarizada
EVA: Escala Visual Analógica del dolor	V1: Vía visual primaria
FMA-UE: Escala Fulg - Meyer	VRMB: Virtual Reality Mirror Box
FIM: Functional Independence Measure	WMFT: <i>Wolf Motor Function</i>
iM1: Córtex motor primario ipsilateral	



Índice

AUTORIZACIÓN DE DEFENSA.....	xi
MARCO CONCEPTUAL.....	xiv
Neuroanatomía humana.....	3
Fisiopatología del accidente cerebrovascular isquémico.....	10
Secuelas.....	14
Neuroplasticidad.....	16
Neuronas espejo.....	18
Tratamiento fisioterápico en paciente con un accidente cerebrovascular.....	19
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	23
<i>PREGUNTA DE INVESTIGACION</i>	25
<i>OBJETIVOS</i>	25
1. <i>OBJETIVOS GENERALES</i>	25
2. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	25
MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
1. FUENTES Y BÚSQUEDA DE DATOS.....	29
2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	29
3. <i>DIAGRAMA DE FLUJO</i>	30
4. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	31
5. CALIDAD METODOLÓGICA.....	31
RESULTADOS.....	33
4.1. ÁREA MOTORA Y FUNCIONALIDAD MIEMBRO SUPERIOR.....	35
4.1.1 Escala Fulg – Meyer Assesment Upper Extremity.....	35
4.1.2 Test Caja y Bloque (BBT).....	37
4.1.3 Fuerza de agarre (<i>Strenght pinch</i>).....	39
4.1.4 Índice de FIM.....	39
4.2. RESULTADOS ÁREAS CORTICALES, NEUROPLASTICIDAD.....	40
DISCUSIÓN.....	45
Fortalezas y limitaciones.....	52
CONCLUSIONES.....	53
PROPUESTA DETRATAMIENTO.....	57
7.1 INTRODUCCIÓN.....	59
7.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	61
7.2.1 Hipótesis del Estudio.....	61
7.2.2 Objetivo general de la propuesta de estudio.....	61



7.2.3	Objetivos específicos del programa de tratamiento	61
7.3	MATERIAL Y MÉTODOS	63
7.3.1.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PACIENTES	63
7.3.1.2	MATERIAL.....	64
7.3.3	INTERVENCIÓN DEL ESTUDIO.....	67
7.3.3.1	ESTIMACIÓN DE VARIABLES	69
7.3.5	EJERCICIOS DE LA PROPUESTA.....	72
A)	Fase Ia	72
B)	Fase Ib	73
C)	Fase IIa	75
D)	Fase IIb.....	76
	AGRADECIMIENTOS	79
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS.....	91
	Anexo 1: Factor de Impacto	92
	Anexo 2: Escala PEDro	94
	Anexo 3: Escala CASPE.....	95
	Anexo 4: National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)	97
	Anexo 5: Consentimiento informado	98
	Anexo 6: Escala FULG – MEYER	102
	Anexo 7: Box & Block Test	105
	Anexo 8: Escala de Independencia Funcional (FIM)	107
	Anexo 9: Diagonales de KABAT	108
	Anexo 10: Ejercicios de fuerza.....	109
	Anexo 11: Ejercicio funcional de la mano y tipos de Pinza/Presa.....	110
	Anexo 12: Tarea manual con el dispositivo Saebo Glove.....	111
	Anexo 13: Entorno de Realidad virtual, realización de tareas.....	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lóbulos cerebrales, vista lateral (30) 3
Figura 2: Lóbulos cerebrales, vista superior (30) 3
Figura 3: CORTEZA CEREBRAL: Localización de funciones y vía de asociación (31)..... 4
Figura 4: Homúnculo Motor, Organización somatotópica de la corteza motora primaria(38) 4
Figura 5: ÁREAS DE BRODMANN, cara lateral del cerebro (30)..... 5
Figura 6: ÁREAS DE BRODMANN, cara medial del cerebro (30) 5
Figura 7: Proyección lateral del cerebro, indicaciones de estructuras principales y lóbulos (32)..... 7
Figura 8: Proyección medial del cerebro, indicaciones de estructuras principales y lóbulos (32) 8
Figura 9: Tracto corticoespinal, vía descendente del sistema motor (34) 9
Figura 10: Polígono de Willis (30) 11
Figura 11: Resonancia Magnética, angiografía sagital de la arteria cerebral media (30) 11
Figura 12: Arterias del cerebro: vista y sección frontal (31) 12
Figura 13: Armeo Spring..... 22
Figura 14: Sistema de entrenamiento brazo – mano con CyberGlove y Haptic Master (15) 22
Figura 15: Entrenamiento marcha con Exoesqueleto Lokomat (12) 22
Figura 16: CTRL KIT de CTRL-LABS..... 66
Figura 17: SAEBO GLOVE..... 66
Figura 18: 5DT data glove 5 66
Figura 19: diagonales kabat, miembro superior, posición: decúbito lateral (33) 108
Figura 20: Diagonal kabat, miembro superior. Cuatro patrones de movimiento (33) 108
Figura 21: diagonales de kabat, miembro superior, patrones de movimiento. posición: decúbito supino (33)..... 108
Figura 22: Ejercicio de fuerza isométrico..... 109
Figura 23: Ejercicio carga de su propio peso con apoyo del codo del miembro afecto (36) 109
Figura 24: Ejercicio carga con extensión de codo y apoyo palmar del miembro afecto (37)..... 109
Figura 25: Tarea unimanual con el miembro contralateral mientras mantiene la extensión y el apoyo palmar del miembro afecto. A) inicio del ejercicio B) Final del ejercicio (36)..... 109
Figura 26: Tarea funcional llevar un vaso a la boca con asistencia del fisioterapeuta (4) 110
Figura 27: Tarea funcional llenar un vaso con la asistencia del fisioterapeuta (4) 110
Figura 28: Pinza subterminal – subterminal 110
Figura 29: Presa digito palmar (35) 110
Figura 30: Actividad manual con dados realizando una presa subterminal - subterminal con el dispositivo saebo glove..... 111
Figura 31: Actividad manual coger un vaso para beber mediante una presa digito palmar con el dispositivo saebo glove..... 111
Figura 32: Tarea coger taza de una estantería, entorno virtual cocina (20) 112
Figura 33: Tarea tomar el desayuno, entorno virtual cocina (19)..... 112
Figura 34: Tarea coger un libro, entorno habitación (29) 112



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: sistema motor, vías y tractos descendentes.....	9
Tabla 2: clasificación Ictus Oxforshire Stroke	13
Tabla 3: resultados para la variable FMAUE	35
Tabla 4: resultados para la variable bbt.....	37
Tabla 5: resultados para activación de regiones corticales con RV.....	44
Tabla 6: Cronología de trabajo del estudio por semanas.....	68



AUTORIZACIÓN DE DEFENSA

Dña. **Ana María Insausti Serrano**, Profesor Titular del Área de Anatomía y Embriología Humana de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Pública de Navarra,

HACE CONSTAR

que el presente Trabajo Fin de Grado titulado: **“Realidad virtual inmersiva: nodo de la interfaz cerebro.miembro superior hemiparético en el accidente cerebrovascular subagudo”** ha sido realizada bajo mi dirección por **Natalia Regueira Senra**, en la Universidad Pública de Navarra, y considero que reúne la calidad y el rigor científico para ser defendido.

Tudela, 15 de mayo de 2020

TIPO DE TRABAJO

El tipo de trabajo de fin de grado aquí presentado es una revisión bibliográfica sistemática sobre la eficacia de una terapia convencional frente a una combinación de esta junto con la contribución de la realidad virtual sobre la neuroplasticidad cortical tras un accidente cerebrovascular.

MOTIVACIÓN PERSONAL

En la actualidad la incorporación de nueva tecnología, como la realidad virtual se está haciendo hueco en nuestra sociedad de forma exponencial, implementándose en tratamientos para pacientes neurológicos. Los estudios realizados hasta la fecha han demostrado, la mejora en distintos aspectos como los rangos de movimiento, funcionalidad e independencia de los pacientes, facilitándoles la vuelta a sus actividades de la vida diaria precedente al accidente cerebrovascular. A pesar de los estudios validados hasta la fecha, existe pocos que pongan de manifiesto la relevancia de la realidad virtual en la región cortical. Por ello esto me ha motivado a realizarme la siguiente pregunta ¿es posible mediante la realidad virtual activar regiones previas a la organización del movimiento que suponga la neuroplasticidad de la región lesionada? ¿Es posible prevenir de modo temprano el deterioro de regiones corticales motoras dañadas provocado por la inmovilización tras el accidente cerebrovascular?



MARCO CONCEPTUAL



MARCO CONCEPTUAL

Definición y prevalencia

El accidente cerebrovascular (ACV) es una de las patologías más prevalentes en la actualidad. Es causado por un “trastorno circulatorio cerebral que altera bien sea transitoria o concluyente el funcionamiento de una o varias partes del encéfalo” (1).

Según datos recogidos por la Sociedad Española de Neurología: cada año 110.000 – 120.000 personas sufren un ictus, con una tasa de mortalidad muy alta y 50% de prevalencia de quedar con algún tipo de secuela. Para la sanidad Pública Española, supone un 70% de los ingresos hospitalarios representando un 3-6% del gasto sanitario. En los últimos 15 años, el ingreso en sistema Nacional Sanitario, debido al ictus se ha acrecentado un 40%. Los supervivientes presentarán secuelas en su mayoría ocasionándoles una limitada independencia funcional y deterioro de sus actividades de la vida diaria. Se calcula que entorno el 50 - 75%, no se incorporarán a su vida laboral previa al accidente (www.sen.es).

Etiología

Se puede diferenciar **dos tipos** atendiendo a **su etiología**: isquémico o hemorrágico. El ictus isquémico tiene su causa en un déficit de la afluencia de riego sanguíneo en una zona cerebral. El déficit de este aporte sanguíneo pone en compromiso al encéfalo, ya que es de esta forma como el cerebro se abastece de nutrientes y oxígeno. La falta de ambos junto con la extensión del área afectada y el tiempo en el que dura definirán la gravedad del daño cerebral.

En cuanto al ictus hemorrágico, se debe a una extravasación de sangre de la cavidad craneal, bien por rotura de capilar venoso o arterial; dentro del hemorrágico podríamos diferenciar: subaracnoideo o intraparenquimatoso.

Clínica

En fase aguda se encuentra diferente sintomatología según el tipo de ictus. Por un lado, el ictus hemorrágico muestra una compresión cerebral junto con la pérdida de consciencia, náuseas, aumento de presión arterial y cefaleas. Se puede ver un gran



edema, por lo que la intervención precoz médica es importante. El diagnóstico se realiza mediante una tomografía computarizada craneal (TC) y se concluye con una angiografía de troncos e intracraneal o bien un Doppler transcraneal. Se realiza un tratamiento de drenaje junto con una buena medicación intentando una buena reabsorción del del hematoma.

Por otro lado, en la fase aguda del ictus isquémico, se puede diferenciar una isquemia focal transitoria (AIT), cuya duración es inferior a 24 horas. No existe evidencia con técnicas de neuro-imagen, presentan un cuadro clínico focal, tales como dificultad para tragar, parálisis facial, habla ininteligible, pérdida de fuerza de un hemicuerpo y mareos no ortostáticos. Este tipo de isquemia son más progresivos en el tiempo, a diferencia del hemorrágico que es más brusco. A pesar de que los síntomas pueden ser transitorios, el déficit de riego del territorio vascular implicará una necrosis tisular de la región afectada. El territorio que más frecuente se afecta es a nivel del hemisferio cerebral izquierdo, provocando las secuelas visibles en el hemicuerpo derecho.

Tras el suceso, se puede dar un fenómeno denominado **diasquisis**: supresión de funciones de áreas que están relacionadas con la zona lesionada (2). **Estrategia biológica** de defensa que tiende a evitar la sobrecarga de las estructuras afectadas para que ésta no se extienda invadiendo áreas adyacentes. Este proceso es clave para una recuperación funcional. En el transcurso de este proceso, el paciente puede encontrarse, confuso, desorientado en tiempo y espacio o somnoliento. Esta fase se denomina **fase subaguda temprana**, entre las 12 horas post-accidente hasta los 5 días. Se deben de tener en cuenta todos estos procesos fisiológicos como son la disminución del edema o la afluencia de vasos colaterales.

Será a partir del séptimo/décimo día hasta el tercer o sexto mes, se habla de una **fase subaguda tardía**, durante la resolución, los efectos resultantes de la lesión cortical muestran una desinhibición e hiperexcitabilidad del lado contralateral. Hasta hace unos años se creía que la resolución de problema se conseguía por las compensaciones estratégicas de otras regiones, sin embargo, se estudia que la recuperación de la función motriz puede verse favorecida mediante tratamientos



enfocados a la neurorrehabilitación. A esto se le conoce como *Neuroplasticidad* del cerebro y en ella se basa la neurorrehabilitación.

Entre los **factores de riesgo destacables**, está la edad, aunque puede aparecer a cualquier edad, incluso puede darse en edad infantil, produciendo un daño cerebral adquirido, Hipercolesterolemia, Hipertensión arterial, fibrilación auricular izquierda, insuficiencia cardíaca, diabetes, tabaquismo.

Neuroanatomía humana

Anatomía de la corteza cerebral

El encéfalo está conformado por dos hemisferios: hemisferio izquierdo y hemisferio derecho. En ellos, las neuronas se conectan por redes que procesan la información. Cada uno controla los movimientos y recibe señales sensoriales del lado opuesto del cuerpo. A su vez, cada hemisferio se divide en 4 lóbulos: Frontal, Parietal, Temporal y Occipital (*Figura 1-2*). A su vez la corteza cerebral se divide en regiones y áreas con distintas funciones y asociaciones (*Figura 3*). A principios del S.XX, K. Brodmann denominó más de 40 áreas correspondiendo a distintas zonas de corteza atendiendo a su función cognitiva y citoarquitectura (*Figura 5-6*).

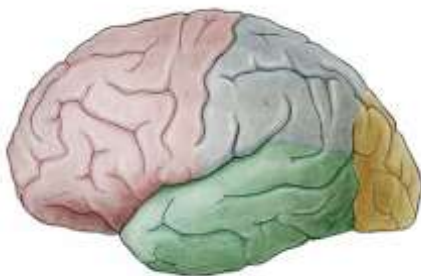


FIGURA 1: LÓBULOS CEREBRALES, VISTA LATERAL (30)



FIGURA 2: LÓBULOS CEREBRALES, VISTA SUPERIOR (30)

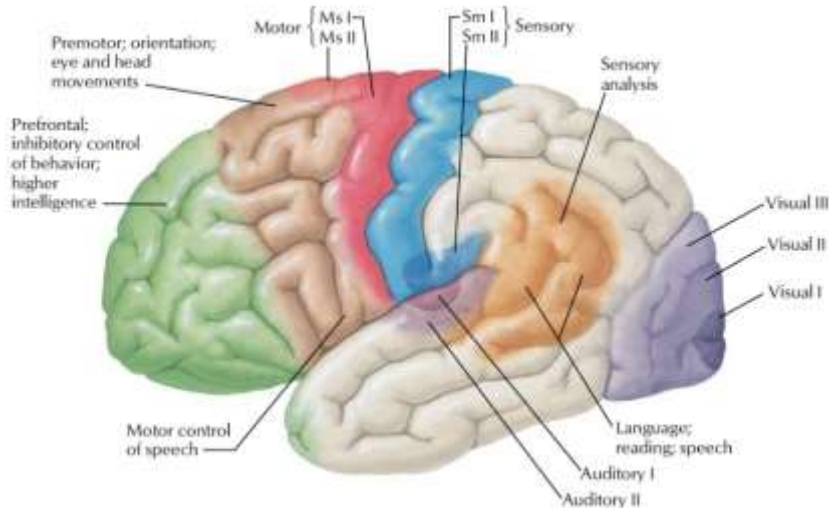


FIGURA 3: CORTEZA CEREBRAL: LOCALIZACIÓN DE FUNCIONES Y VÍA DE ASOCIACIÓN. CARA LATERAL (31)

➤ Lóbulo Frontal

Tiene una localización en la fosa cerebral anterior y se extiende por delante del surco central. Se divide en 6 circunvoluciones: circunvolución precentral, circunvoluciones frontales superior, media e inferior, recto y orbitario. Conforman la mayor extensión del cerebro respecto a otras especies. Encontramos dos grandes demarcaciones: la corteza prefrontal y la corteza motora.

El **área motora primaria** M1, se localiza en la circunvolución precentral, área 4 de Brodmann (B4), forma parte del tracto corticoespinal. Se dispone como homúnculo motor (Figura 4). Esta área se encargará de las

funciones motrices voluntarias, especialmente las zonas más distales del cuerpo. Hay una representación contralateral del cuerpo.

El **área premotora**, se localiza por delante de la circunvolución precentral, área 6 de Brodmann (B6), así mismo al igual que el área motora primaria, conforma una de las regiones de origen del tracto corticoespinal. Desempeña un papel organizativo en la

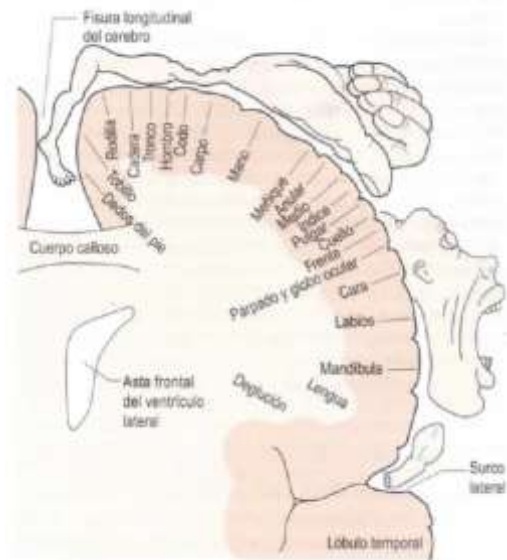


FIGURA 4: HOMÚNCULO MOTOR, ORGANIZACIÓN SOMATOTÓPICA DE LA CORTEZA MOTORA PRIMARIA (38)



programación del movimiento motriz y se relaciona con experiencias previas de la persona. Cabe señalar al **córtex motor suplementario**, quien se ocupa de organizar secuencias más complejas y coordinación de los movimientos que vayan a tener lugar. También se encuentra la región 6 de Brodmann, el denominado campo ocular frontal, encargado del seguimiento visual voluntario.

En la circunvolución frontal inferior se encuentra el área motora del lenguaje, denominada **área de Broca**, que corresponde a las áreas 44 y 45 de Brodmann. Esta área se localiza en un porcentaje muy alto de la población en su hemisferio dominante, el hemisferio izquierdo. De esta forma el área de Broca se asocia con el área motora primaria; y, a su vez, se asocia con el **área de Wernicke** (mediante un fascículo denominado fascículo arqueado o *arcuato*) localizada en el lóbulo temporal, en donde se adquirirá asociaciones y conceptos, dando lugar a la codificación del lenguaje. Una lesión en esta área puede dar lugar a una afasia.

El Área cingulada del lóbulo frontal, situada en el giro cingulado anterior es quien regula el procesamiento de información sensorial y emocional e interviene en aquella función que requiera un esfuerzo de atención como el aprendizaje de una nueva habilidad o tarea.

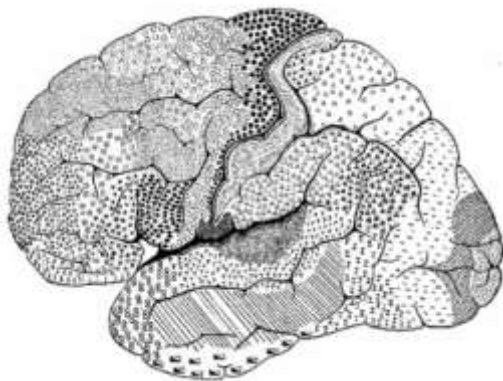


FIGURA 5: ÁREAS DE BRODMANN, CARA LATERAL DEL CEREBRO (30)

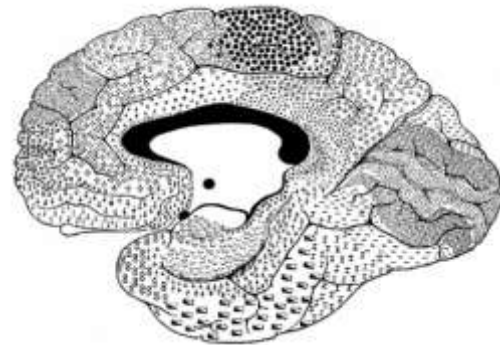


FIGURA 6: ÁREAS DE BRODMANN, CARA MEDIAL DEL CEREBRO (30)



➤ **Lóbulo Parietal**

En cuanto al **lóbulo parietal** se separa en su parte anterior del lóbulo frontal, a través de la cisura de Rolando. A su vez, limita con el lóbulo temporal a nivel de la cisura de Silvio, y posteriormente con el lóbulo occipital mediante la cisura parietooccipital o perpendicular externa. Es en este lóbulo principalmente en donde tiene lugar la integración de la información que llega al cerebro a través de las vías aferentes. Una lesión en esta área puede dar lugar a una agnosia. Se diferencia:

Lóbulo parietal superior (LPS)

Abarca el área de asociación somatosensorial primaria, áreas 5 y 7 de Brodmann. Es decir, se encarga de la integración de la aferencia de impulsos sensoriales.

Una lesión en esta región puede dar lugar a una negligencia contralateral e incluso anosognosia.

Lóbulo parietal inferior (LPI)

Se encuentra el área somestésica. Es aquí en donde tiene lugar el procesamiento de información procedente del tacto, músculos y articulaciones. se hace consciente el yo corpóreo. Una lesión en el lóbulo parietal derecho da lugar a una negligencia hemiespacial, el paciente no es consciente de la mitad de un hemicuerpo, o bien hay una somatoparafrenia, donde el paciente niega rotundamente que su brazo izquierdo le pertenezca.

Un daño cerebral a este nivel puede dar lugar a una **apraxia ideomotriz**, el paciente puede explicar el uso de ciertos materiales, pero no sabe cómo emplearlos. Por otro lado, también se puede encontrar una **apraxia ideatoria o sensorial**, el paciente no sabe cómo organizar el movimiento que tiene que llevar a cabo.

Además, se puede encontrar a pacientes con anosognosia, donde el paciente niega y presenta desinterés sobre su déficit.

Dentro del lóbulo parietal izquierdo (IPL): circunvolución angular lugar a donde llegan aferencias del área visual primaria y circunvolución supramarginal en donde se enlazan aferencias procedentes de áreas somestésicas, auditivas y visuales.



➤ **Lóbulo temporal**

Limita en su parte superoanterior con el lóbulo frontal, separado por la cisura de Silvio y se extiende por debajo de este hasta el lóbulo occipital.

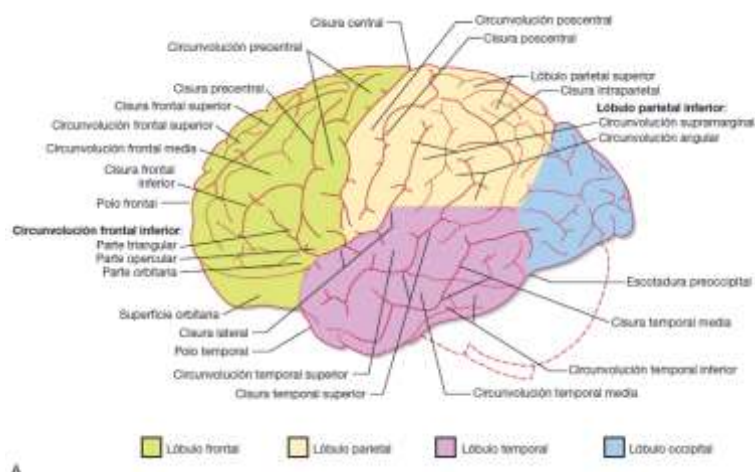
Se conforma por el área auditiva primaria y secundaria. Además, es encargado de reconocimiento de objetos y rostros, así como de atribuirle una sensación u emoción ya que se encuentra la amígdala, quien desempeña un papel central en cuanto al sistema de las emociones.

En esta región temporal, concretamente en la circunvolución temporal superior se encuentra el área de Wernicke (área 22 de Brodmann), encargado de la comprensión del lenguaje, función característica del ser humano. Al igual que el área de Broca, se encuentra en el hemisferio dominante y como se ha explicado en el párrafo anterior se une a esta estructura mediante el fascículo arqueado. Cabe destacar que hay fibras aferentes procedentes del área visual primaria al lóbulo temporal. Una afasia de Wernicke hace que el paciente no comprenda bien el lenguaje.

➤ **Lóbulo occipital**

Tiene su localización en la parte posterior del cerebro, existen dos lóbulos occipitales, un occipital izquierdo y otro derecho, separados a través de la fisura longitudinal superior. En estas estructuras se alojan el área visual primaria y secundaria, áreas 17,18,19 de Brodmann. Una lesión que afecte al área 17, da lugar a un déficit del campo visual, a esto se le denomina **hemianopsia homónima contralateral**.

FIGURA 7: CARA LATERAL DEL CEREBRO, INDICACIONES DE ESTRUCTURAS PRINCIPALES Y LÓBULOS (32)



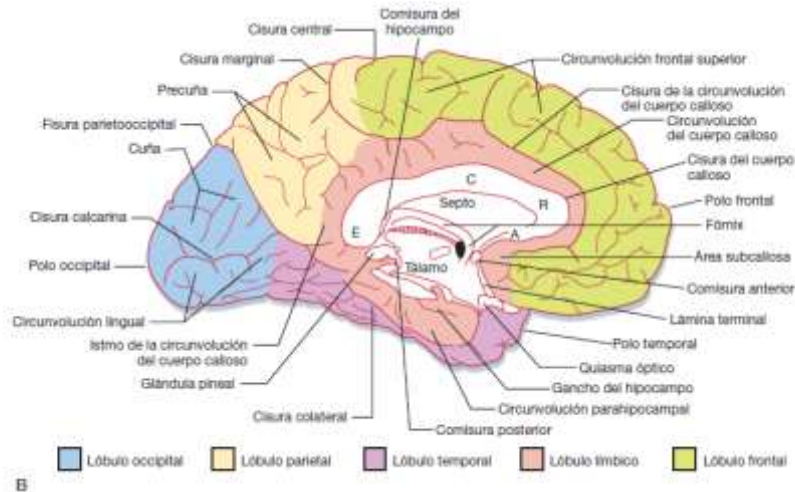


FIGURA 8: CARA MEDIAL DEL CEREBRO, INDICACIONES DE ESTRUCTURAS PRINCIPALES Y LÓBULOS (32)

Vías del sistema motor

Desde la corteza cerebral surgen distintas vías encargadas de mantener la postura, así como de ejecutar el movimiento. Desde la corteza motora y premotora (B4, B6) junto con la corteza somatosensorial (B3, B2, B1), partirán fibras eferentes constituyendo el haz corticoespinal. Se puede esquematizar su recorrido del siguiente modo: el cuerpo de la primera neurona que se halla en la corteza cerebral dirige su axón hacia el asta ventral medular en donde sinapta con una neurona de segundo orden, el axón de ésta, a su vez, sinapta con una tercera neurona (neurona motora inferior), quien inervará y transmitirá el impulso al órgano efector.

La información motora desciende por dos sistemas: la **vía piramidal** y la **extrapiramidal** (Tabla 1). La vía piramidal está formada por los tractos corticoespinales (Figura 9) y corticonucleares. Su función es la ejecución de movimientos voluntarios. Se originan principalmente en las áreas 4 y 6 de Brodmann, junto con la aportación de las áreas somatosensoriales 3, 1 y 2 del lóbulo parietal.

Por otro lado, la vía corticonuclear, similar a los tractos corticoespinales, pero se encargarán de funciones motrices de los pares craneales cuyos núcleos están dispuestos en el tronco del encéfalo.



Dentro de los haces que conforma la vía extrapiramidal, está el tracto rubroespinal cuya función es la de controlar el tono de la musculatura flexora en extremidades, junto con la inhibición de la actividad de la musculatura extensora. Por el contrario, el encargado de controlar la musculatura extensora, favoreciendo la postura contra gravedad, se encuentra el tracto vestibuloespinal.

TABLA 1: SISTEMA MOTOR, VÍAS Y TRACTOS DESCENDENTES

Vía	Tracto	Origen	Destino	Función
Piramidal	Corticoespinal	Área motora y premotora (B4, B6, B3, B1, B2)	Neurona motora alfa e internunciales	Movimiento estriado voluntario
	Corticonuclear	Corteza cerebral motora (B4)	Núcleos de los pares craneales	Movimientos de nv.craneales
Extrapiramidal	Rubroespinal	Núcleo rojo del mesencéfalo	Neurona motora alfa y gamma	Control de músculos flexores e inhibe los extensores
	Vestibuloespinal	Núcleos vestibulares de protuberancia y bulbo raquídeo	Neurona motora alfa y gamma	Control de músculos extensores e inhibe los flexores
	Reticuloespinal	Núcleos de la formación reticular	Neurona motora alfa y gamma	Control del tono muscular (antigravitatorios)
	Tectoespinal	Colículo superior del mesencéfalo	Neurona motora alfa y gamma	Movimientos posturales reflejos respuesta a estímulo visual

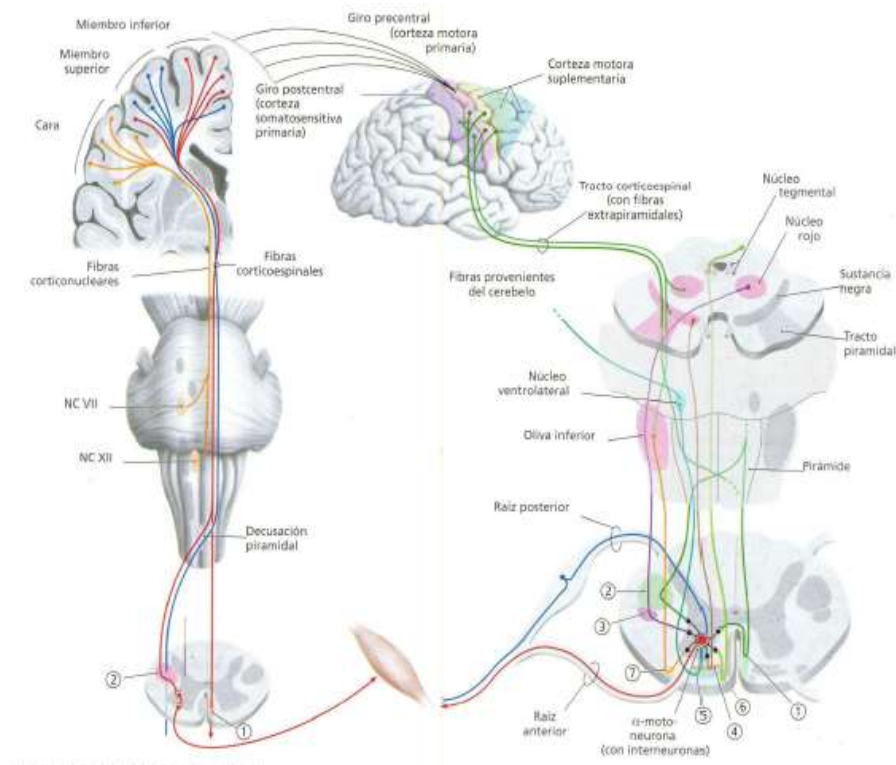


FIGURA 9: TRACTO CORTICOESPINAL, VÍA DESCENDENTE DEL SISTEMA MOTOR (34)



Fisiopatología del accidente cerebrovascular isquémico

El accidente cerebro vascular está causado por la presencia de un émbolo, provoca una privación del flujo sanguíneo en un determinado territorio del encéfalo. Este déficit puede deberse a varios mecanismos como son: arterioesclerosis de una arteria, un émbolo formado en el corazón, la oclusión de pequeños vasos, una hipoperfusión sistémica o una trombosis del seno venoso cerebral; El tejido cerebral es dependiente de la afluencia de sangre continua, por ello, un déficit de ese aporte conlleva una reducción del suministro tanto de oxígeno como de glucosa, limitando su funcionamiento. Aquella zona donde se encuentra el foco de la isquemia se denomina **core del infarto**. Si esta interrupción se prolonga en el tiempo, las secuelas serán mayores y como consecuencia tendrá lugar una necrosis tisular celular. La privación del suministro de oxígeno conlleva cambios fisiológicos y hemodinámicos, como son la edematización en la zona de la lesión e irregularidades en el gradiente iónico, con consecuencias funcionales para la membrana celular. Además de esta necrosis, el cerebro pone en marcha una cascada de reacción celular como mecanismo de protección, dando lugar a una **apoptosis** de células adyacentes al área lesionada. Por otro lado, la magnitud de la lesión dependerá de si el territorio afectado presenta circulación colateral a la zona de oclusión, abasteciendo un flujo de sangre residual capaz de mantenerlo un tiempo, reduciéndose la gravedad y favoreciendo a una posible recuperación del tejido; a esto se le denomina **área de penumbra** (3). Este suministro de circulación colateral es posible gracias a una anastomosis de vasos que tiene su localización en la parte inferior del cerebro, a esta estructura vascular se le da el nombre de Polígono de Willis (*Figura 10*).

POLIGONO DE WILLIS

Tiene una forma hexagonal. Se forma por la anastomosis de las arterias carótidas internas (procedente de la arteria carótida común que da lugar a la rama arteria cerebral anterior) y la arteria cerebral posterior rama del tronco basilar. Está situado en la parte inferior de la base del encéfalo. Rodeándolo se encuentran las siguientes estructuras: tractos ópticos, tallo hipofisario y el hipotálamo. Consume un 15% del



gasto cardiaco, también consume el 20% del oxígeno del total. Al tejido cerebral le llega aporte de flujo sanguíneo por minuto entorno a los 50 ml/100 gr.

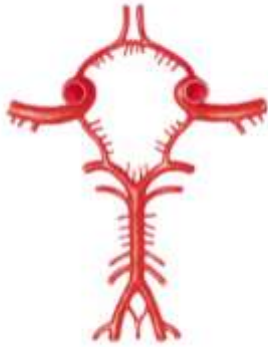


FIGURA 10: POLÍGONO DE WILLIS (30)



FIGURA 11: RESONANCIA MAGNÉTICA, ANGIOGRAFÍA SAGITAL DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA (30)

La circulación arterial alcanza el tejido cerebral (*Figura 12*), a través de dos arterias vertebrales y dos arterias carótidas internas. Las carótidas internas confluyen en la rama comunicante anterior para conformar la arteria cerebral anterior. De la carótida interna fluye hacia el surco lateral, la arteria cerebral media (rama terminal principal, *figura 11*), que irriga hacia los lóbulos frontales, parietales y temporales.

La arteria basilar se forma por el nexo entre las dos arterias vertebrales entre el bulbo y la protuberancia. Del tronco basilar nacen las ramas de la arteria cerebelosa anteroinferior, cerebelosa superior y cerebral posterior. La cerebral posterior formará la irrigación de los lóbulos occipital y temporal. La arteria cerebral anterior penetra por la fisura longitudinal del cerebro y se orienta hacia adelante, superior al nervio óptico. La arteria cerebral anterior derecha e izquierda concluyen formando la arteria comunicante anterior, irriga a ganglios de la base y capsula interna, así como la superficie media de la corteza.



La arteria cerebral media (ACM) recorre el surco lateral del cerebro y va a irrigar toda la superficie lateral del hemisferio. Se encarga de irrigar la parte motora de extremidad superior.

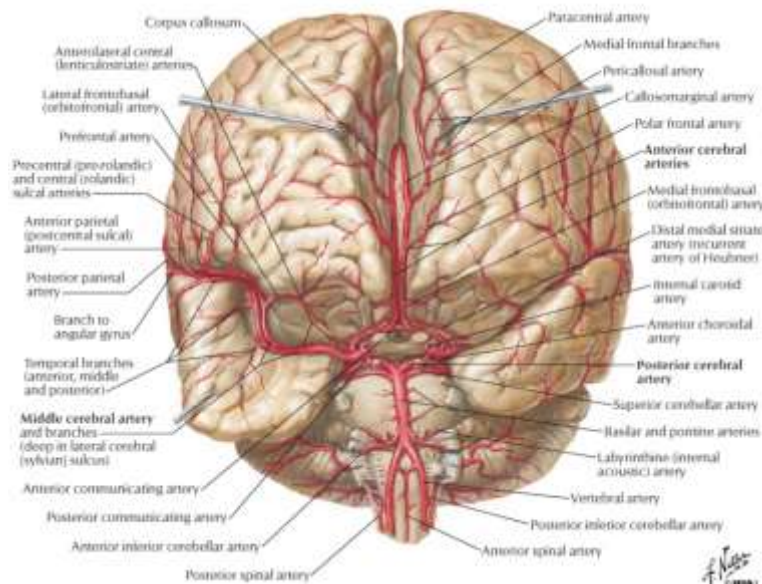


FIGURA 10: ARTERIAS DEL CEREBRO: VISTA Y SECCIÓN FRONTAL (31)

Por consiguiente, tenemos 3 ramas terminales que no se anastomosan entre sí, siendo la arteria cerebral anterior, media y posterior. Por ello una isquemia de una de estas tres ramas implicará una manifestación clínica diferente siendo la lesión previsible. Por ello se estableció un sistema de clasificación en función del área lesionada.

En el cerebro diferenciamos una estructura denominada, *homúnculo de Penfield* (figura 4), que representa el mapa motor cortical del cuerpo humano, es decir, representa gráficamente cada órgano y sentido de nuestro cuerpo un lugar en la corteza cerebral. El área de representación de cada órgano es directamente proporcional al grado de sensibilidad y movimiento que tiene y no a su tamaño. Así, se podría decir que es un homúnculo de manos gigantes, boca enorme y pies pequeños. Hay una parte motora y otra sensitiva y se representa como una persona acostada donde a cada órgano le corresponde un espacio, atendiendo a la sensibilidad de este.



La Sociedad Española de Neurología distingue varios subtipos de accidente cerebrovascular según el área vascular afectada.

Tabla 2: clasificación Ictus Oxfordshire Stroke

Clasificación Ictus Oxfordshire Community Stroke
TACI: Infarto total de la circulación anterior, que cumple los tres siguientes criterios <ul style="list-style-type: none">▪ Disfunción cerebral cortical: afasia, discalculia, alteraciones visuoespaciales▪ Déficit motor sensitivo en al menos dos de tres áreas corporales (cara, MMSS, MMII)▪ Hemianopsia homónima
PACI: Infarto parcial de la circulación anterior, cuando cumple alguno de los siguientes criterios <ul style="list-style-type: none">▪ Disfunción cerebral cortical: afasia, discalculia, alteraciones visuoespaciales▪ Dos de tres criterios TACI▪ Déficit motor o sensitivo más restringido como LACI (limitado a una extremidad)
LACI o Infarto Lacunar: cuando no existe déficit cortical ni hemianopsia y se cumple uno de los siguientes criterios <ul style="list-style-type: none">▪ Síndrome motor puro que afecta a dos de tres áreas corporales (cara, MMSS, MMII)▪ Síndrome sensitivo puro que afecta a dos de tres áreas▪ Síndrome sensitivo motor puro que afecta a dos de tres áreas▪ Hemiparesias – ataxia ipsilateral▪ Disartria – mano torpe▪ Movimientos anormales focales y agudos (hemicorea, hemibalismo)
POCI: Infarto en la circulación posterior, cuando se cumple alguno de los criterios <ul style="list-style-type: none">▪ Afectación ipsilateral de pares craneales con déficit motor sensitivo ipsilateral▪ Déficit motor sensitivo bilateral▪ Enfermedad oculomotora▪ Disfunción cerebelosa sin déficit de vías largas ipsilaterales (lo que sería un síndrome lacunar de hemiparesia – ataxia)▪ Hemianopsia homónima aislada



Secuelas

Después de un accidente cerebrovascular, cuando el paciente sale de la fase de *diasquisis*, se puede empezar a observar secuelas ocasionadas por la lesión (2). El pronóstico y las manifestaciones clínicas van a depender de la región afectada. En su mayoría existe una gran prevalencia de patrones de movimiento y postura anormales. Bobath B, 1970 explica que “el tono postural normal debe ser lo suficientemente alto como para permitir los movimientos en contra de la gravedad, pero también lo bastante bajo como para no interferir en el movimiento de los músculos y articulaciones” (4). Es común la hemiplejía de un miembro como síntoma posterior al accidente cerebrovascular, teniendo una afectación dispar de una hemiplejía a la afectación solamente de una región de la extremidad.

En una etapa inicial posterior al ictus, observamos un tono muscular aumentado de ciertos músculos, a esta manifestación se le denomina hipertonía, pudiendo aparecer e implantarse la espasticidad, fenómeno caracterizado por exponer resistencia velocidad dependiente del reflejo miotático de estiramiento. Los pacientes pueden exhibir *clonus*, contracciones rítmicas involuntarias de musculatura agonista y antagonista, con gran prevalencia en la dorsiflexión de tobillo. Una de las formas más representativas en cuanto a la hipertonía, se puede distinguir la extremidad superior, presentando una flexión de la musculatura proximal, frente a una extensión de la musculatura de extremidad inferior. En consecuencia, debido a la espasticidad, los reflejos osteotendinosos profundos se encontrarán exaltados, y abolidos los reflejos superficiales, siendo otro de los signos característicos como es Babinsky, positivo.

Cabe señalar, la diferencia entre espasticidad y rigidez: puesto que,

- la rigidez se manifestará en aquellos pacientes con una lesión de las vías extrapiramidales, opone a movilizaciones pasivas y está presente en todo su recorrido;
- la espasticidad se puede observar un claro signo denominado, signo en navaja, es decir, es una resistencia velocidad dependiente,

Así mismo, los pacientes pueden encontrar una alteración del tono muscular caracterizada por un déficit tónico-muscular, a este estado se le denomina hipotonía



muscular. Aquí no se observa resistencia a las movilizaciones pasivas y en este caso los reflejos tanto osteotendinosos profundos como superficiales se encuentran abolidos.

No obstante, el paciente puede presentar rangos de movilidad buenos y tono muscular adecuado, pero, cuando realiza un movimiento voluntario, se puede observar un patrón estereotipado de movimiento. Esto se debe a que la persona presenta movilidad, pero no control motor selectivo, por lo que compensa con otras zonas del cuerpo.

En cuanto a las alteraciones sensitivas se encuentra una falta de esquema corporal en el paciente, aquellos que no reconocen su yo corpóreo en el espacio. Es importante recalcar que, para poder realizar la ejecución de un movimiento voluntario, las aferencias que llegan a la corteza deben de procesarse e integrarse de forma adecuada para así programar y organizar el movimiento *a posteriori*. La valoración de la sensibilidad en estos pacientes irá encaminada a la parte más propioceptiva, sensibilidad superficial y temperatura.

Cuando existe una lesión en áreas perceptivo - cognitivas, una de las consecuencias más comunes es la presencia de Apraxia o Agnosia. Cuando el paciente tiene la lesión en el hemisferio dominante (generalmente hemisferio izquierdo) tiende a desarrollar *apraxia*. En ese caso, el paciente tiene dificultades en la ejecución de un movimiento aprendido antes del ictus, sin presencia de otro tipo de alteraciones da lugar a problemas en la organización y coordinación para realizar el movimiento hacia un fin determinado. Este término abarca varios subtipos. Las más habituales son, por un lado, **la apraxia ideomotora o ideomotriz**, el paciente es incapaz de repetir e imitar gestos simples y arbitrarios, se puede identificar errores bien espaciales o temporales. Estos gestos adquieren importancia en la intención comunicativa. Por otro es **la apraxia ideatoria**, se describe como la incompetencia para organizar aquellas secuencias necesarias para llevar a término la ejecución de una acción.

Igualmente, hay pacientes que desarrollan **agnosia**, en este caso la lesión tiende a encontrarse en el hemisferio no dominante, hemisferio derecho. La agnosia se define como incapacidad de integrar estímulos aferentes de vías sensoriales. En este caso para saber si el paciente es agnósico, se debe desechar otro tipo de signos



sensoriales, como déficits en la sensibilidad profunda y superficial o problemas de visión. Se diferencian varios tipos de agnosias, entre ellas destaca la *asomatognosia*, el paciente ignora su parte hemiparética, propio del *síndrome de Gerstmann*. El paciente también puede desarrollar *anosognosia*, niega o menosprecia sus signos clínicos, no es consciente de su disfunción.

Además, los pacientes pueden desarrollar déficits en la comunicación y en el lenguaje cuando se afectan las áreas de integración de estos, como son el área de Broca, pudiendo dar lugar a una *afasia* o una *anomia*. O bien una lesión que afecte al área de Wernicke, en este caso afectará en la comprensión del lenguaje.

Otro de los signos característicos tras un accidente cerebrovascular es la hemianopsia homónima contralateral. Se califica como limitación de la mitad del campo visual al que afecta, generalmente el izquierdo. En este caso, no es que se afecta la integridad de la información, sino que se ven afectadas estructuras en la vía de la visión, un impedimento en las fibras retinianas producido en el quiasma óptico. No debe ser confundida con la *heminegligencia visoespacial*, en este caso el paciente sí sufre un daño a niveles de integración sensorial, que puede asociarse a la anosognosia explicada anteriormente, el paciente carece de percepción de su yo corpóreo y por lo tanto de su esquema corporal en el espacio. Esta afectación interfiere en gran medida a la hora de realizar actividades de la vida diaria del paciente, así como peinarse, comer o escribir.

Un 30% de los pacientes presentan tras el ACV problemas de deglución. Aspecto muy importante para valorar posible el síndrome disfágico. Sumado a los posibles signos clínicos descritos anteriormente, la disfagia causa una gran morbilidad y mortalidad en este tipo de pacientes por las complicaciones que ocasiona.

Neuroplasticidad

Para comprender mejor el cerebro debe entenderse como una red intrínseca que forman circuitos neuronales, a su vez estos se unen dando lugar a sistemas coordinados. El cerebro en su forma más holística está conformado por redes cerebrales, por lo que se abandona el concepto de que cada área se restringe a una ubicación específica.



Simultáneamente, estas redes cerebrales están en constante cambio, adaptándose ante situaciones dispares a lo largo de la vida, así se establece el término de Neuroplasticidad. **La Organización Mundial de la Salud**, define el término de **Neuroplasticidad** en 1982, como “la capacidad de las células del sistema nervioso para regenerarse morfológica y funcionalmente, después de estar sujetas a afluencias patológicas ambientales o del desarrollo, permitiendo una adaptabilidad a la demanda funcional” (<https://www.who.int/es>).

Esta capacidad está presente a lo largo de nuestras experiencias, por ejemplo, cuando aprendemos habilidades motoras. Un ejemplo puede verse en personas que han perdido la visión o que presentan ceguera congénita, cuando aprenden a leer Braille puede verse que la representación a nivel cortical del dedo es un área mucho mayor, del mismo modo sucede en músicos profesionales. Esta neuroplasticidad viene acompañada por el entrenamiento de gestos repetitivos. Tal es así que, hoy, el entrenamiento repetitivo y con intensidad es la evidencia científica de nivel A1 más citada y que provoca cambios a nivel cortical. En contraposición, la falta de aferencias de una región da lugar a una reducción de la representación de esa área a nivel del córtex como ocurre en los pacientes a los que se les somete a la amputación de uno de sus miembros (5). Del mismo modo, ocurre cuando se abandona la práctica de nuestras destrezas aprendida.

Sanes et al en 1988 vieron que, tras la transección del nervio facial en ratas hubo cambios en la corteza motora. Así mismo en otro estudio sobre la inmovilización del tibial anterior, 4-6 semanas se observa una disminución del tamaño del área de corteza motora, por lo que existe una correlación entre la representación cortical y tiempo de inmovilización (6).

No solo se puede ver la adaptación de estas redes cuando se aprenden tareas mediante gestos repetitivos, sino que, además, cuando tiene lugar una lesión en un área del cerebro, puede verse afectada la capacidad de división celular, pero si esta mantiene la capacidad de sinapsis con otras se pueden conformar una nueva red neuronal, impulsando una recuperación de la actividad funcional perdida.



Neuronas espejo

El neurocientífico **Vernon Mountcastle**, estudió neuronas de órdenes motoras, cómo la activación de una de estas células implicaba una acción, a la vez en 1990, **Giacomo Rizzolatti** et al en un estudio con primates, ven que estas neuronas se activan tanto al desempeñar la acción como durante la observación de la misma por otro simio, de tal forma que el observador adopta el punto de vista del otro animal (7), a este tipo de neuronas las denominó, *Neuronas espejo*, acuñadas con este nombre en 1996.

Rizzolatti et al refleja que estas neuronas se encuentran en varias zonas de la corteza cerebral y en especialmente en el área premotora ventral, próxima al área de broca, volviendo al lóbulo parietal izquierdo. Por otro lado, se apunta la existencia de este tipo de neuronas con el estudio de ondas cerebrales (estudio), de tal forma que al realizar una acción voluntaria existe una supresión de las ondas mu al igual que durante la observación del movimiento de otra persona, siempre que no desempeñe este movimiento un objeto inanimado. También encontramos en zonas sensoriales de relación física con el dolor como en la corteza cingulada anterior. Un claro ejemplo es el síndrome del miembro fantasma, el paciente siente su pierna seccionada como real. Una intervención con terapia espejo, se ha demostrado como este umbral del dolor se reduce. Además, a este dolor autores lo denominan como neuroplasticidad mal adaptada (8).

Las neuronas espejo se han detectado en simios en una región denominada F5, perteneciente al lóbulo frontal que se vincula con áreas del córtex premotor, además del área de integración del lóbulo parietal inferior (9). Un estudio en 2010 por la Universidad de California, Los Ángeles (10) descubrió que no solo se encontraban en lóbulos frontal y parietal, sino también en el lóbulo temporal, relacionado con funciones superiores de memoria, también se reproducía la actividad eléctrica. Esto supone un punto de inflexión, indagando en la similitud con el cerebro humano, se observa que, a través de mediciones por potenciales evocados motores, la observación de una acción en el cerebro humano también daba lugar a activaciones estas regiones de la corteza.



Cabe resaltar como ya se ha expuesto, el cerebro es una red de conexiones y debe entenderse de una forma global, por ello para entender el nexo entre la observación y ejecución es importante explicar el vínculo entre el área visual primaria (V1) con el área premotora de organización previa al movimiento. Las regiones ventromediales del córtex occipital concurren en regiones parietofrontales, designándose como opérculo 1 (Op1) a regiones del córtex premotor, corteza cingulada anterior y área motora suplementaria.

Las áreas somatosensoriales, tales como el tacto y la propiocepción, en concreto la zona mano – boca – lengua, se vinculan con una región denominada Opérculo 4 (zona ventral del lóbulo parietal), siendo una de las estaciones primarias al movimiento, que junto con la conectividad al opérculo 1, en donde se proyecta la información procedente de V1, se podría postular que estímulos procesados en estas vías, puedan activar regiones adormecidas del miembro superior.

Todo ello supone un punto clave y sugiere una nueva visión para entender mejor la fisiología del cerebro y proponer y prescribir tratamientos más eficientes.

Tratamiento fisioterápico en paciente con un accidente cerebrovascular

1. TERAPIA FISIOTERAPIA ABORDAJE CON ENFOQUE CONVENCIONAL

En la actualidad el tratamiento convencional incorpora un gran número de técnicas, todas ellas fundamentadas con estudios. Las más empleadas para la recuperación funcional del ictus son: concepto Bobath, terapia restrictiva de movimiento, técnicas de reeducación de la marcha, facilitación neuromuscular propioceptiva, técnicas de hidroterapia, ejercicio terapéutico cognoscitivo e incluso la terapia espejo, entre otras. Todas presentan una finalidad común: el reaprendizaje de tareas perdidas del miembro afecto o bien de la marcha y equilibrio. Este tratamiento debe ser abordado desde un punto de vista interdisciplinar donde estén integrados: médicos neurólogos y traumatólogos, logopedas, neuropsicólogos, terapeutas ocupacionales, técnicos ortopédicos, nutricionistas y trabajador social.

Previo al tratamiento, al paciente se le realiza una exploración exhaustiva, valorando qué posibles secuelas presenta el paciente, con la finalidad de diseñar unos objetivos



terapéuticos acordes a sus disfunciones y limitaciones y que sean llevados a espacios de su vida diaria para aumentar su autonomía lo más posible. Por consiguiente, el primer punto es realizar una valoración con pruebas específicas para ver el estado funcional de base. Así, se valora el estado muscular en reposo, cualitativa y cuantitativamente. Exploración de la sensibilidad, exploración de la motricidad, equilibrio, coordinación, y déficits cognitivos, así como la integración funcional de las órdenes o comandos que se les mande. Estos valores servirán para realizar un diagnóstico y proponer los objetivos a corto y largo plazo.

La terapia convencional en fisioterapia es la que hoy en día ofrece mayor evidencia científica. Así con un nivel A1 de evidencia científica, **la asociación Americana de Corazón e Ictus (ASA/AHA)** sugiere una terapia basada en la repetición de forma regular de tareas que capaciten al paciente la vuelta a su vida diaria, así como la incorporación de dispositivos robóticos que ayuden a movimientos específicos al paciente, se ha visto que es el entrenamiento repetitivo junto con la intensidad lo que provoca una recuperación motora. Todas las asociaciones científicas consideran un mismo objetivo, durante el tratamiento, la repetición de un gesto debe ir acompañado con una tarea que tenga una finalidad (11). Con todo presenta algunas limitaciones que pueden suplirse incorporando estrategias innovadoras gracias al avance de la tecnología, permitiendo un nuevo enfoque de tratamiento.

Hablando más espáticamente de la rehabilitación de miembro superior, relación hombro, brazo, mano, dedos; la terapia convencional se fundamenta en la disminución de tono de aquellos músculos con un grado excesivo, previamente a un trabajo de movilidad. Se incluyen posiciones de descanso mediante el uso de férulas, que permiten mantener tensiones más bajas en las articulaciones y musculatura comprometida. Tiene gran importancia la realización de tareas con una finalidad, que va a favorecer la neurorrehabilitación.



En cuanto a escalas validadas internacionalmente para recoger datos de progreso, específicamente para extremidad superior, atendiendo a la valoración funcional son las siguientes (se describirá cada una en el apartado de medidas).

- *Wolf Motor Function test* (WMFT)
- *Fugl – Meyer – Assesment Upper Extremity* (FMAUE)
- *Action Research Arm test* (ARAT)
- *Box and Blocks test* (BBT)
- Rango movimiento articular
- Pinza entre diferentes dedos

2. TERAPIAS DE FISIOTERAPIAS ABORDAJE INNOVADOR

La tecnología ha aportado un gran beneficio en el área sanitaria facilitando aprendizajes motores que hasta hace poco se creía poco probable en lo que concierne a la recuperación funcional, la robótica aplicada a la neurorrehabilitación está dando paso a una nueva forma de tratamiento. Una de las ventajas de emplear esta tecnología es la cuantificación de variables, aportando datos sobre el progreso del paciente, así como aumentar el número de pacientes que pueden ser tratados, favoreciendo una mejor gestión de recursos hospitalarios.

En la rehabilitación de la marcha mediante este tipo de robótica nos encontramos con el sistema Lokomat (12) (*Figura 14*) y el el *Gait*, en revisiones sistemáticas, hacen referencia la combinación de técnicas robóticas junto con una rehabilitación convencional aporta gran beneficio al paciente, consiguiendo una marcha más autónoma.

La rehabilitación del miembro superior tras un accidente cerebrovascular supone un gran reto. Es una de las secuelas más frecuentes y un despertar mucho más lento, siendo incluso a veces inalcanzable obtener la funcionalidad completa. Para miembros superiores existen sistemas con evidencia científica como el *Armeo Spring* (*Figura 13*, www.hocoma.com) o el *Haptic Master*(13) (*Figura 15*).



A estos dispositivos de exoesqueletos se le ha sumado la realidad virtual que presenta un gran potencial en este campo de trabajo. Una de las ventajas es que, el empleo de realidad virtual permite al paciente introducirse en un espacio más realista, orientando los movimientos a la ejecución de una acción concreta para conseguir un movimiento lo más cercano al movimiento fisiológico. En la actualidad ya ha sido usada en muchos ámbitos como: entrenamientos del ejército, operaciones de neurocirugía, entrenamiento de pilotos e incluso para tratamiento de fobias.

En los últimos tiempos se ha visto que la neurorrehabilitación con estos sistemas favorece estos cambios plásticos a nivel cortical que consiguen mejorar la funcionalidad y autonomía de paciente.



FIGURA 12: ARMEO SPRING

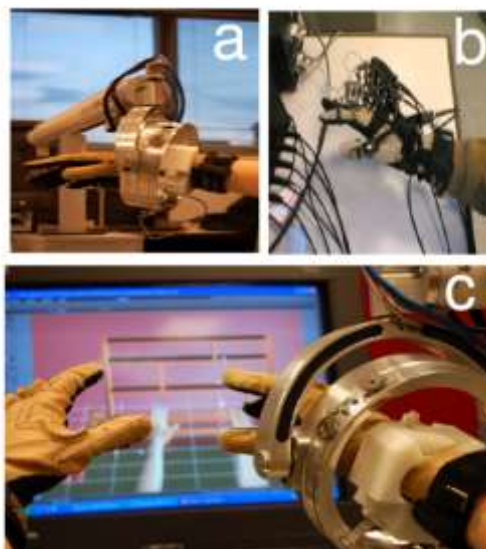


FIGURA 13: SISTEMA DE ENTRENAMIENTO BRAZO – MANO CON CYBERGLOVE Y HAPTIC MASTER (15)



FIGURA 11: ENTRENAMIENTO MARCHA CON EXOESQUELETO LOKOMAT (12)

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS



PREGUNTA DE INVESTIGACION

El interrogante al cual se pretende aclarar en la presente revisión bibliográfica es:

¿Es la realidad virtual capaz de generar respuestas de neuroplasticidad cortical y activar regiones previas a la planificación del movimiento?

Mediante la pregunta PICO, planteamos este interrogante:

- Paciente: Personas que han sufrido un accidente cerebrovascular, hemiparesia de miembro superior.
- Intervención: propuesta de estudio de imagen.
- Comparación: en dicha revisión no se realiza comparación.
- Resultado: valorar la posibilidad de activación cortical mediante la RV demostrando el rendimiento de este dispositivo.

OBJETIVOS

1. OBJETIVOS GENERALES

Recoger la evidencia de la posible eficacia del empleo de sistemas de realidad virtual como promotor de actividad cortical previa al reaprendizaje del movimiento motor olvidado.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar las terapias actuales y su evidencia en estos pacientes, así como sus limitaciones.
- Analizar las variables físicas cuantificables de los efectos de la realidad virtual en pacientes hemiparéticos.
- Estudiar las variables del efecto de la realidad virtual en la corteza cerebral mediante técnicas de evaluación.
- Elaborar una propuesta de estudio para validar la eficacia de este tipo de dispositivos en pacientes con accidente cerebrovascular.

MATERIAL Y MÉTODOS



1. FUENTES Y BÚSQUEDA DE DATOS

Para este trabajo se ha realizado una búsqueda exhaustiva mediante las bases de datos Pubmed, Science Direct, Dynamed, Cochrane y PEDro.

Se ha acotado la búsqueda a aquellos estudios publicados entre el 2005 hasta la fecha 2020; se incluyen estudios publicados tanto en lengua española e inglesa.

Se procedió de forma que se obtuvieron dos búsquedas paralelas con las siguientes palabras clave empleadas. En primera instancia se realiza una búsqueda con los términos: “Virtual Reality”, “stroke”, “upper limb”; y, en segundo lugar, se introducen las siguientes palabras clave: “mirror neuron system”, “cortical activation”, “virtual reality”. A pesar de ello, debido a ser un tema novedoso y encontrar búsquedas muy limitantes, se elaboraron otras independientes.

Además, se ha integrado información contrastada de libros gracias a la biblioteca de la Universidad Pública de Navarra (UPNA).

2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se basó en las bases de datos Pubmed, PEDro, Science Direct y Dynamed.

Se encontraron artículos en Cochrane, principalmente revisiones por lo que no cumplían los requisitos de inclusión en este trabajo, así que no se tuvieron en cuenta.

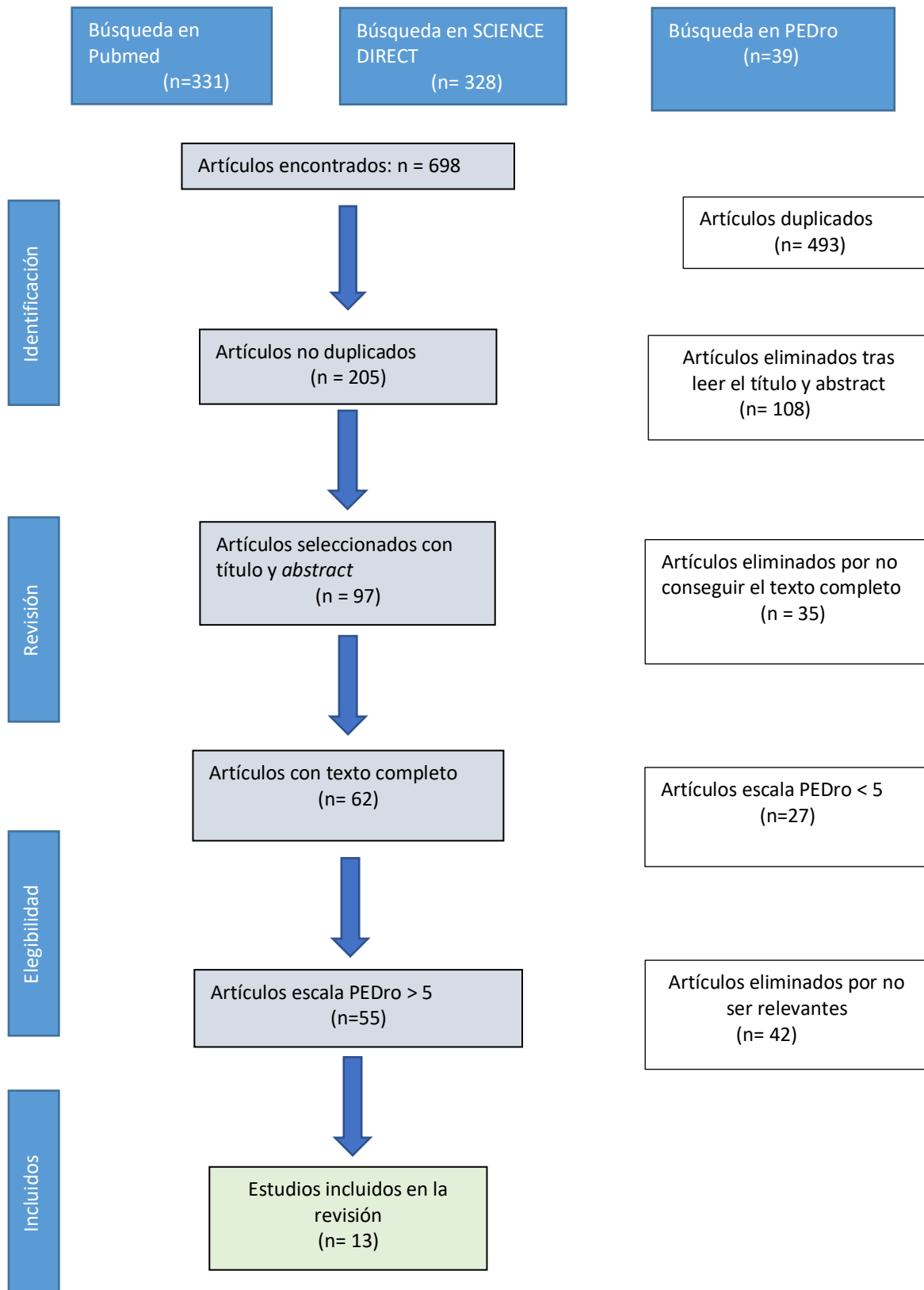
Para conseguir los artículos claves de este trabajo, se realizaron dos búsquedas paralelas

- a. Virtual reality in upper limb stroke
- b. Mirror neuron system and cortical activation or virtual reality

Así, se obtuvieron 13 artículos que se catalogan de la siguiente manera: 4 ECAs, los cuales cumplen PEDro >5 y el tipo de artículo entra dentro de los criterios de inclusión. También se han incorporado 7 estudio de cohortes, un protocolo y una conferencia.



3. DIAGRAMA DE FLUJO





4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Criterio de inclusión
 - Ensayos clínicos aleatorizados, estudios observacionales, estudios piloto.
 - Estudios pacientes hemiparéticos de miembro superior.
 - Estudios pacientes sanos, sin afectación neurológica.
 - Pacientes hombres y mujeres entre los 18 a 80 años.
 - Estudios de rehabilitación orientada a pacientes hemiparéticos de miembro superior mediante Realidad Virtual.
 - Estudios de neuroimagen, orientados a dilucidar regiones de la corteza cerebral activa durante la visión en realidad virtual.

- Criterio de exclusión
 - Estudios que no tengan relación con el tema a tratar.
 - Estudios de terapia espejo, Terapia de movimiento inducida por restricción, terapias convencionales neurorrehabilitadoras, imaginería motora, o solo asistencia robótica, así como la realidad virtual no inmersiva o semi-inmersiva.
 - Estudios anteriores al año de publicación del 2005.
 - Estudios en donde no tenga lugar supervisión por parte de profesional sanitario.
 - Estudios donde el tratamiento rehabilitador tenga lugar en domicilios
 - Pacientes con alteraciones visuales o cognoscitivas.
 - Pacientes en edad infantil o en crecimiento.
 - Artículos con validez en escala PEDro <5.

5. CALIDAD METODOLÓGICA

Esta revisión bibliográfica está constituida por 7 Estudios de Cohortes, 4 Ensayos clínicos aleatorizados (ECAs), un protocolo y una conferencia. Se ha empleado la escala CASPE para proporcionar una lectura crítica y validada, la tabla se conforma por 11 ítems de evaluación (*Anexo3*).

Por otra parte, para validar su credibilidad y validez metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados y poder proporcionar resultados interpretables se ha utilizado la escala PEDro (*Anexo 2*). La escala consiste en 11 ítems, pero solo se consideran del



2 al 11, otorgándole un valor sobre 10 al artículo. Los ECAs incorporados a este trabajo presentan un valor de PEDro >6.

Además, se han examinado las revistas en las que se han publicado los artículos seleccionados mediante el factor de impacto mediante el Journal Citation Reports (JCR) y SCImago Journal & Country Rank (SJR). Así valoraremos la repercusión de estas en el mismo campo científico que se ha abarcado en este trabajo (*Anexo 1*).

RESULTADOS



4.- RESULTADOS

En esta sección se expondrán los resultados extraídos de los artículos seleccionados para realizar la revisión bibliográfica. Se expondrá de forma que se divide en dos partes: por un lado, se desarrollarán aquellos que explican y miden la progresión física del miembro superior hablando en términos de área motora y su funcionalidad. Por otro lado, se expondrán aquellos que reflejan cambios en el área cortical.

4.1. ÁREA MOTORA Y FUNCIONALIDAD MIEMBRO SUPERIOR

4.1.1 Escala Fulg – Meyer Assesment Upper Extremity

TABLA 3: RESULTADOS PARA LA VARIABLE FMAUE

Autor	N	Sesiones	Frecuencia	Duración	Sistema	Significativ
Conelly et al 2010	14 sujetos hemiplejicos por ACV	6 sem: 18 sesión	3 veces por semana	30 minutos	RV Inmersiva PneuGlove	P < 0.001
Joon Ho Sin et al 2019	33 sujetos hemiplejicos por ACV	4 semanas	5 días por semana	30 min día	Rv Semi-Inmersiva RAPEL smart Glove	P < 0.001
Huang et al 2019	30 sujetos	3 semanas	5 días por semana	30 min RV 30 min CON	RV inmersiva con controlador inalámbrico	X
Muhammed Nur ÖGÜN et al	65 sujetos hemiplejicos por ACV	6 semanas	3 días por semana	60 min	RV Inmersiva Leap Motion	P < 0.001
Richard Adams et al 2019	15 sujetos hemiplejicos por ACV	4 sesiones	4 días		RV Semi-Inmersiva Saebo Glove	Dependiente Fuerte (rs)
Sevgi Ikbali Afsar et al 2018	35 sujetos hemiplejicos por ACV	4 semanas	5 días por semana	30 minutos	RV Semi – Inmersiva (Kinect Xbox One)	P=0.004
Weber et al 2019	11 sujetos Hemiplejicos por ACV Cronico	12 sesiones		30 min	RV Inmersiva controlador externo inalámbrico	P > 0.005



En el artículo de Conelly et al 2010 (14). Se ha visto que ambos grupos mejoran para FMAUE con un valor $F=20.03$ ($p < 0,001$), así como en la sección mano/muñeca de FMAUE con una puntuación de $F=17.76$ ($p<0.001$); sin embargo, es el grupo de realidad virtual y PneuGlove quien obtiene una mejora del total de FMAUE con 6.1 ± 1.2 puntos (media \pm SD) post intervención frente a 6.3 ± 1.6 puntos un mes después. En la sección mano/muñeca se obtuvo una mejora de $F= 3.9 \pm 0.7$ puntos post intervención y un valor de $F= 3.7 \pm 0.4$ puntos un mes después. Frente a los valores alcanzados en el grupo RV con una puntuación post intervención $F= 2.0 \pm 1.0$ y una mejora de $F= 2.4 \pm 1.2$ puntos un mes después.

En el artículo de **Joon – Ho Shin et al 2019 (15)**, Se ha observado que el grupo experimental para la escala Fulg – Meyer obtiene mejoras significativas ($p < 0,001$) frente al grupo control con una FMAUE total entre la semana pre intervención (T0) y la 10ª sesión (T2) un valor de $F=4,9 \pm 1.0$ (media \pm SD) frente al cambio pretratamiento (T0) y un mes después (T3) de este $F=5,3 \pm 1,1$. Se ve también que hay una mejora en FM proximal de T3 – T0, con una puntuación de $F=2,6 \pm 0,6$ ($p < 0,001$), en comparación con el grupo control.

En el artículo de Muhammed Nur ÖGÜN et al (16) . El grupo experimental presentó un aumento significativo de los resultados para FMUE ($p < 0,001$) en comparación con la línea base. De forma que se obtuvieron en el emparejamiento de los resultados para el grupo experimental un valor de 46.54 ± 7.91 (media \pm SD) post intervención, siendo el valor inicial de 29.63 ± 8.84 . Frente al grupo control con un valor post tratamiento de 40.06 ± 8.33 , y un valor inicial de 38.56 ± 8.84 . En cuanto al análisis t-test, las diferencias entre los grupos de forma independiente, obtuvieron que la media para la variable FMAUE de los sujetos expuestos a la realidad virtual 6.90 ± 3.99 , frente a 1.50 ± 1.48 del grupo control ($p < 0.001$).



En el estudio de **Richard Adams et al (17)**, los análisis paramétricos empleados muestra una alta correlación de Spearman, entre la escala FMUE y la velocidad de movimiento - tiempo en completar la tarea (VR-SCT), con un valor de Spearman de -0,74, dependiente fuerte ($P < 0.002$).

En el ensayo clínico aleatorizado de **Sevgi Ikbali Afsar et al 2018 (18)**, como medida de referencia motora de la extremidad superior, para la FMUE se observa mejoras significativas obteniendo un valor en el grupo experimental postratamiento de $F = 43.05 \pm 12.59$ (media \pm SD), siendo el valor inicial de tratamiento de $F = 24.32 \pm 7.87$ ($p = 0.004$), frente al grupo control donde $F = 34.44 \pm 10.53$, siendo el valor inicial de $F = 19,88 \pm 3,79$ ($p = 0.004$).

En el estudio piloto de **Weber et al 2019 (19)**. No se encontraron resultados significativos para la variable FMUE, obteniendo una puntuación postratamiento de $F = 22.8 \pm 9.19$, siendo el valor inicial del $F = 21.7 \pm 8.68$ ($p = 0.084$).

4.1.2 Test Caja y Bloque (BBT)

TABLA 4: RESULTADOS PARA LA VARIABLE BBT

Autor	N	Sesiones	Frecuencia	Duración	Sistema	Significativo
Conelly et al 2019	14 sujetos, 7 sujetos por grupo	18 sesiones (6 semanas)	3 veces por semana	30 minutos	RV Inmersiva PneuGlove	$P < 0.001$
Christian Nissler et al 2019	15 sujetos 1 protésic	1 sesión	1 día		RV inmersiva	No
Richard J Adams et al 2019	15 sujetos hemipléjicos ACV	4 sesiones	4 días		RV semi – Inmersiva Saebo Glove	Dependiente fuerte (rs)
Sevgi Ikbali Afsar et al 2018	35 sujetos hemipléjicos ACV	4 semanas	5 días por semana	30 minutos por sesión	RV semi – inmersiva Rehabilitación Convencional	$P = 0.004$



Para la medida BBT, **en el artículo de Conelly et al 2019** (14), se observa que en ambos grupos para el BBT hay mejoras significativas $F=7,2$ ($p=0.012$). Sin embargo, para el grupo RV + PneuGlove se ve una mejora desde el pretratamiento con un valor 16.4 ± 2.1 (media \pm SD) a un valor 19.7 ± 2.2 un mes después de la intervención. Comparándolo con los resultados obtenidos en el grupo control con los siguientes valores, 20.6 ± 2.6 pretratamiento a $23.3. \pm 2.6$ puntos un mes después del estudio.

En el artículo de Christian Nissler et al (20), en cuanto a los resultados destaca que entre los participantes realizaron la prueba de forma significativamente mejor en la modalidad convencional que en el virtual con un $p<0.001$. Sin embargo, el sujeto protésico reveló un rendimiento significativamente mejor en la transferencia del control motor en la realidad virtual.

En el estudio de Cohorte de Richard J Adams et al 2019(17), se observa una correlación dependiente alta entre la prueba caja y bloque y la velocidad de movimiento – tiempo en completar la tarea (VR-SCT), con un valor de Spearman del $-0,81$ ($p<0,001$).

En el ensayo clínico aleatorizado de Sevgi Ikbali Afsar et al 2018 (18) se observa que para la variable BBT se alcanzan los siguientes parámetros clínicos significativos con un valor postratamiento $F=28.53 \pm 11.15$ (media \pm SD) del grupo experimental, siendo el valor inicial pretratamiento de $F=12.74 \pm 5.09$ comparado con el grupo control quien obtiene un valor de $F= 20,81 \pm 10,03$, con un valor inicial de $F= 12.19 \pm 3.75$. De forma que el cambio en la función de la extremidad superior del pre y postratamiento alcanza un valor en el grupo experimental del $F=15.47 \pm 6.90$, en comparación con el grupo control $F=8.63 \pm 7.03$, siendo por lo tanto resultados significativos en el análisis entre grupos post tratamiento con un $p<0.004$.



4.1.3 Fuerza de agarre (*Strenght pinch*)

En el artículo de Conelly et al de 2019 (5) se observa que para el grupo experimental se logra una mejora significativa en comparación con el grupo control ($p=0.038$). Desde la línea base al final del tratamiento con un valor de $F=12 \pm 6$ N frente al grupo control con un valor de $F=7 \pm 4$ N. Y desde la línea base al seguimiento un mes después de la intervención con un valor para el grupo VR y PneuGlove de $F=14 \pm 8$ N frente al Grupo VR con una puntuación de $F= 5 \pm 4$ N.

4.1.4 Índice de FIM

En el artículo de Muhammed Nur ÖGÜN de 2019 (16) se observa que en cuanto el análisis emparejado de los grupos, el grupo experimental obtiene una puntuación 89.60 ± 8.20 post tratamiento, siendo su valor inicial pre-test de 84.81 ± 5.96 . En comparación con el grupo control que obtiene 84.96 ± 6.42 postratamiento, frente a un valor 84.25 ± 6.37 pre-test ($p<0.001$). El análisis t-test entre grupos independientes, se obtiene una media tal que el grupo experimental para el índice de FIM obtiene 4.78 ± 5.82 , frente a 0.71 ± 1.17 en el grupo control ($p<0.001$).

En el ensayo clínico aleatorizado de Sevgi Ikbali Afsar et al 2018 (18) se obtiene que para el índice de FIM, las puntuaciones no son significativas en comparación con el grupo control, con una puntuación de $F= 23.74 \pm 4.42$ postratamiento, y para el grupo control una puntuación de $F=23.63 \pm 4.99$ ($p> 0.05$).



4.2. RESULTADOS ÁREAS CORTICALES, NEUROPLASTICIDAD

En el artículo de Katherine August et al 2006 (21), se trata de un estudio piloto de Resonancia Magnética funcional (RMNf), donde se realizan 8 corridas de resonancia magnética.

La autora propone que la realidad virtual podría activar las neuronas espejo y de este modo los sistemas motores secundarios, así como los sensitivos del miembro afecto. Con la RMNf se observa en tiempo real la red cerebral asociada a la interacción de observación – imitación – control de la acción. Se le pide al sujeto en primer lugar que ejecute de la mano que observa en la pantalla. En segundo lugar, se le pide que mueva su mano derecha, viendo figuras ovaladas, del mismo color y tamaño que sus manos virtuales.

El estudio revela una mayor activación de regiones asociadas al control sensoriomotor de la mano cuando el sujeto la mueve mientras a la vez observa su representación en la pantalla, obteniendo una activación significativa de diferentes regiones: área sensoriomotora incluyendo el área premotora dorsal y áreas suplementarias, corteza cingulada anterior (CCA), corteza intraparietal anterior y giro temporal superior ($p < 0.001$). No se asocia a un aumento significativo de la amplitud ni frecuencia del movimiento del dedo. En contraposición, no se ha observado activación de ninguna de las regiones en ausencia de la mano virtual cuando realiza las tareas.

Nabila Brihmat et al, 2017 (22) en su estudio observacional. El estudio se centró en el movimiento de extensión de la muñeca. Se proponen las siguientes condiciones a) observación de la mano real de otra persona y b) observación de la mano virtual c) condición de ejecución d) imitación de la acción a la vez que observa a través de RV. Se realizan 8 barridos de 30 segundos por tarea, un total de 4 minutos por serie funcional que se repite 2 veces. Brihmat indica que no se hallan diferencias entre hemisferios, a excepción de lateralización por la activación del córtex sensoriomotor contralateral a la mano que lleva a cabo la ejecución de la acción. Para la condición de imitación encuentra que se activa una red en el hemisferio derecho así como regiones sensoriomotoras (B6, B40, B7) y precuneo dorsal, y que cualquiera de las dos manos activa esta red lateralizada a la derecha. Además, en esta condición revela



que el IPL y corteza cingulada media, así como precuneo dorsal, se encuentran más activos comparado con la condición OBS y EXE. Concluye en la que las condiciones aquí expuestas puedan modular zonas del sistema de neuronas espejo.

El protocolo de Huang et al, 2019 (23) propone las mediciones mediante la RMf. Realizan una evaluación tras la rehabilitación aplicando la realidad virtual de inmersión para reunir datos de aquellas regiones asociadas al aprendizaje y control motor. Para ello estudian la posibilidad de realizar la medición en 3 partes: Por un lado, una resolución alta T1 RMf donde estimen parámetros de la corteza y sus estructuras anatómicas. Por otro lado, un barrido en estado de reposo, donde se recojan datos de la conectividad funcional de las regiones del cerebro; y por último, imágenes con un tensor de difusión (DTI) para evaluar parámetros tractográficos de la materia blanca y microestructura de materia gris.

El escaneo se realizaría 3 veces, en la fase inicial pre-rehabilitación, posterior al tratamiento después de las 3 semanas de rehabilitación, y una última tras 12 semanas post-intervención.

En el estudio observacional de Martin Diers et al de 2015 (24) durante el entrenamiento los sujetos observaron movimiento simétricos y simultáneos de sus manos (VRMB), y se le pidió al sujeto que imaginaran que era su propia mano la que se mueve. Por otro lado, se le pidió al sujeto que moviera su mano derecha sin guante y viendo la imagen a través de un espejo colocada en su abdomen (CMB). El entrenamiento se evaluó por bloques separados con una duración de 5 minutos cada uno y un descanso de otros 5 minutos.

Al sujeto se le hicieron preguntas referentes a la intensidad, viveza y autenticidad de la ilusión en una escala de clasificación de 7 puntos. Además, se realizaron 4 contrastes de imagen, midiendo la respuesta del nivel de oxigenación BOLD.

En los resultados se encontraron 3 focos de activación en la condición CMB: activación del área motora primaria izquierda, córtex somatosensorial contralateral



al movimiento ejecutado. Así como activaciones bilaterales en los giros temporal superior y temporal medial.

Para la condición VRMB se muestra activación del córtex motor izquierdo que se extiende a la corteza somatosensorial. También una activación en el área motora suplementaria, opérculo de Rolando (corteza somatosensorial secundaria, cerebelo derecho, giro supramarginal derecho, Tálamo izquierdo, giro temporal inferior y superior derecho y giro temporal medial izquierdo).

En ambas condiciones de VRMB y CMB, se observó una activación de la corteza motora primaria derecha (MI), correspondiente al lado opuesto al movimiento espejo.

Contrastando ambas condiciones, el estudio reveló resultados significativos para la condición de VRMB, en cuanto a una mayor activación en el lado izquierdo de la corteza somatosensorial primaria que se extiende a la corteza motora primaria. Obtuvieron resultados significativos de una activación mayor relacionada con la tarea entre las áreas somatosensorial primaria y corteza motora primaria izquierda (contralateral al movimiento).

En ambas condiciones se vio una conectividad ente MI izquierdo y derecho, corteza occipital medial izquierda, giro fronto medial derecho y cuneos izquierdos.

En el estudio de S.V. Adamovich et al 2009 (25) El estudio reveló que para la condición y observación de imagen realidad virtual tiene lugar una activación del córtex parietal izquierdo extendiéndose al córtex motor, bilateralmente en la ínsula anterior (pares operculares, giro precentral derecho y circunvolución frontal inferior izquierdo), bilateralmente en lóbulo occipital, el cerebelo intermedio posterior.

Para la condición de observación de la figura elipsoidal, hubo una activación limitada en el lóbulo occipital y en el cerebelo lateral superior izquierdo.

En cuanto a la condición de ejecución, cuando el paciente realizaba el movimiento, él mismo lo accionaba para el entorno virtual. Tanto en la condición más real como con la figura elipsoidal se asoció a una activación de la corteza cerebelosa derecha



extendiéndose a la corteza sensoriomotora izquierda (giro postcentral y precentral, lóbulo parietal inferior derecho, bilateralmente corteza insular).

Para la condición de realidad virtual se observó además la activación del giro fursiforme derecho, junto con el *feedback* de las manos para la condición VR (no para la condición de figura elipsoidal). Reveló la activación bilateral de la circunvolución angular, el precúneo, lóbulo occipital inferior y la unión occipito – temporal.

En el estudio de Soha Saleh et al de 2017 (26), a los sujetos se les pidió que movieran su mano no parética mientras se realizan 4 pasadas de escáner con el objetivo de investigar aquellos mecanismos neuronales subyacentes a la condición virtual y la fuerza de conexión entre regiones cerebrales activas. Para ello propusieron un modelo causal dinámico y se concretan 4 regiones de interés para el estudio reclutados significativamente desde la retroalimentación de espejo: Corteza parietal contra e ipsilesional hacia lo largo del surco intraparietal (cPar y iPar), así como corteza motora primaria contra e ipsilesional (cM1 e iM1).

El estudio muestra resultados significativos para la familia 1, es decir para la condición de retroalimentación del espejo siendo el modelo bidireccional entre cM1 e iM1 y cPar y iPar y unidireccional entre cPar y cM1 así como iPar y iM1. Se obtiene que la familia 1 presenta una mayor probabilidad por tanto una conectividad por retroalimentación espejo y no verídica, siendo el parámetro direccional e cPar a iM1, la más significativa con un $p=0.041$. y no significativa para iPar a iM1 ni para iPar a cPar; para la condición espejo.

En cuanto a la activación de las áreas para la condición de realidad virtual se observa una activación significativa en: giro poscentral ipsilesional, perteneciente al área Broadman 1 extendiéndose rostralmente al córtex motor primario BA4, a lo largo del surco intraparietal y precuneo. También hubo activación contralesional en el giro pre – postcentral, lóbulo parietal supero - inferior hacia surco intraparietal.



TABLA 5: RESULTADOS PARA ACTIVACIÓN DE REGIONES CORTICALES CON RV

Autor	N	Ejercicio	Sistema	Resultados
Sd. Adamovich	13 sujetos sanos diestros	16 bloques de 9 s con descanso de 5/10s X 4 OBS – IMITAR- OBS ELIPSOD	RMNf RV inmersiva + 5DT Data Glove	**
Brihmat et al 2017	11 sujetos diestros sanos	Condiciones 30 s x2 Observación – ejecución – imitación	RV inmersiva no dispositivo	OBS: Activación similar a OBS mano real EXE: Patrón bilateral M1S1 IMI: Red HMFd, regiones Sensoriomotoras (BA6BA40BA7) y precuneo dorsal
Katherine August et al 2006	Sujeto control de 41 años	4 tareas FLEX-EXT muñeca 15 s, con descanso 30s	RMNf RV inmersiva + glove 5DT	Durante la observación RV, activación de las regiones sensoriomotoras
Martin Diers et al 2015	20 sujetos sano diestros	5 bloques de 5' descanso de 5' entre ellos. Condición VRMB – CMB	RMNf RVInmersiva + Fiber glass glove	VRMB: Activación cortex motor izquierdo (M1) que se extiende a la corteza somatosensorial (SI)
Soha Saleh et al 2017	15 sujetos diestros hemiparéticos	Mover mano no parética	RMNf RV Inmersiva + Guante instrumentado	Modelo bidireccional para Im1– cM1 + iPar – cPar y unidireccional para cPar – iM1

DISCUSIÓN



5. DISCUSIÓN

El accidente cerebrovascular es una patología que presenta una alta incidencia en nuestra sociedad, sobre todo en edades a partir de los 50 años. Conlleva una serie de secuelas que van a dificultar la actividad de la vida diaria de las personas que la sufren. Según el lugar de localización de la lesión el sujeto manifestará diferentes características; se debe señalar que en este trabajo se ha ceñido a ACV de la arteria cerebral media, por lo que la rehabilitación se ha delimitado para el miembro superior.

Todavía no se sabe con certeza los mecanismos de las redes neuronales del cerebro, pero sí se puede decir que el cerebro debe abordarse desde una perspectiva holística, y que un fallo en una de las partes indirectamente afectará a las demás; Así, los autores aquí referenciados coinciden en la recuperación de habilidades motoras perdidas a través de la adaptación y reaprendizaje gracias a la neuroplasticidad.

Para contrastar la información adquirida, se expondrá con relación a las variables que se han establecido a lo largo de este trabajo. Por un lado, se expondrá la actividad motora y funcional del miembro superior; en segundo lugar, se engloba qué regiones cerebrales se activan y cuáles están conectadas, en relación con áreas motoras además de somatosensoriales, que provoquen cambios plásticos corticales.

Por consiguiente, analizada la terapia de **realidad virtual**, los resultados revelan mejoras significativas en cuanto a actividad motora y funcional del miembro superior. Para evaluar los resultados se han empleado las siguientes escalas: FMAUE (*Escala Fulg – Meyer Assesment Upper Extremity*), BBT (*Box & Block test*), FIM (*Escala de Independencia Funcional*) y la fuerza de agarre. En relación con la activación de los diferentes nodos cerebrales, se ha evaluado dicha actividad mediante escáneres de resonancia magnética funcional, donde se obtiene variaciones de flujo sanguíneo (BOLD).

Por un lado, distinguimos aquellos artículos que emplean como dispositivo un guante instrumentado, obteniendo resultados clínicamente significativos presentados por los autores **Richard Adams et al, 2019**, **Lauri Conelly et al, 2019** y **Joon shin et al, 2016** (17,14,15) diferenciándose entre sí en el uso de realidad virtual inmersiva



Conelly et al 2019 (14), y semi – inmersiva Con respecto a, **Richard Adams et al 2019**, realiza el estudio con una duración de 4 sesiones y una muestra de 15 sujetos hemipléjicos por accidente cerebrovascular, con una gravedad ligera – moderada, por lo que la extrapolación de los resultados se ve limitada (17).

Joon - Ho Shin et al, 2016 en su estudio no incluye un grupo que solo reciba el programa de realidad virtual y otro grupo control con terapia convencional, sino que a los dos se les realiza una TO adicional, por ello advierte de que en estudios futuros se debería de tener en cuenta (15). Diferenciándose de los otros autores, **Sevgi Ikbali et al, 2018** emplea el equipo de realidad virtual Xbox One Kinect que reconoce los movimientos del sujeto en tiempo real, mostrando de datos favorables para la escala FMA-U; uno de los puntos a discusión es la distinta duración de tratamiento entre grupo control y experimental, siendo mayor en este (18).

Otros estudios en donde también se empleó como método de tratamiento la realidad virtual inmersiva, **Muhammed Nur ÖGÜN et al 2019**, a través de Leap motion, sin controlador externo, informa de mejoras significativas para FMA- UE, a pesar de ello, la tasa de abandono en su estudio fue elevada en torno a un 20% en ambos grupos debido a problemas de cumplimiento, pero no refirieron aumento de sus síntomas (16).

Gerber et al, 2018 estudia la fiabilidad y utilidad de estos sistemas, obteniendo mejores resultados en aquellos dispositivos alternativos al ratón clásico de ordenador (27), por tanto respalda el empleo de los materiales aplicados en los artículos **Adams et al 2019, Conelly et al 2019, Joon-Ho Shin et al 2016, Muhammed Nur ÖGÜN et al 2019, Nissler et al 2019** y la propuesta de **Huang et al 2019**, por lo tanto, más extrapolables a la vida real y permitiendo movimientos más naturales del miembro afecto de los pacientes (17,14–16,20,23).

Weber et al 2019 (19), en su estudio no encuentra resultados clínicamente significativos para dicha variable. En el estudio emplea un control externo inalámbrico y refiere una muestra de sujetos demasiado pequeña (11 sujetos con ACV crónico), así como la gravedad de estos quienes podrían presentar una menor capacidad de mejora, también hace una mención a la intensidad del tratamiento no fuera suficiente para provocar cambios (12 sesiones de 30 minutos).



Solo **Conelly et al 2019 y Joon - Ho Shin (14,15)**, miden el mantenimiento de los cambios obtenidos post- intervención 1 mes después e informan de mejoras funcionales para la extremidad superior se mantenía en estos pacientes.

En cuanto a la prueba BBT, **Richard Adams et al 2019, Conelly et al 2019 y Sevgi Ikbali et al 2018**, informan de mejoras clínicamente significativas(14,17,18). Por otro lado, **Nisller et al 2019 (20)**, emplea RV y el dispositivo *Myo Arm band*, en su estudio obtiene una mejor puntuación cuando se realiza la prueba de forma convencional que con el dispositivo RV. Cabe señalar que la muestra consta de 14 sujetos sanos y 1 sujeto protésico. La prueba se realiza en 1 sesión por lo que los resultados no son concluyentes, Así mismo, no hubo tiempo de familiarización suficiente de los sujetos para realizar dicha prueba. No obstante, el programa no se dirige a pacientes con hemiplejia, pero la idea del estudio podría emplearse para estudios futuros a través del dispositivo junto con la realidad virtual desarrollada en el estudio de **Phelan et al 2015**, quien defiende la incorporación de RV con diferentes escenarios para poder transferir las actividades de la vida diaria de los pacientes de una forma más realista (28).

Para la escala de Independencia funcional, se obtuvieron buenas puntuaciones en el artículo de **Muhammed Nur ÖGÜN et al 2019**, pese a que no se describió un corte de calidad mínima por lo que no se pudo evaluar correctamente. Aun así, comparándolo con otros autores afirman que las puntuaciones son buenas Durante el estudio no se realizó ningún descanso entre tareas y aconsejaron que debía de realizarse uno entre 5-10 segundos. Tampoco evaluaron los resultados a largo plazo (16). En el artículo de **Sevgi Ikbali Afsar et al 2018**, en el grupo experimental no obtuvo resultados más altos que el grupo control, además se realizó un tratamiento de mayor duración en el grupo experimental y tampoco se evaluaron los datos a largo plazo, limitado a 4 semanas el estudio. A pesar de ello sostienen que las puntuaciones son favorables cuando se compara con otros estudios ya realizados (18).

En ninguno de los estudios mencionados, se hace referencia a abandonos por causa de problemas vegetativos tales como mareos o empeoramiento de los síntomas. La muestra seleccionada en todos los artículos recogen datos de pacientes con hemiplejia por ACV crónica, por lo que los resultados son concluyentes y podrían ser



extrapolados a este tipo de población, aunque se debe seguir investigando, con excepción de **Nissler et al 2019** quienes emplean esta metodología en pacientes sanos y un paciente protésico (20).

Por lo que se refiere a la recogida de datos sobre la activación de las diferentes regiones cerebrales de interés, obtenemos un resultado común en todas ellas significativo, de tal modo que se observa una activación del córtex motor primario M1 y de la corteza somatosensorial SI, contralateral al movimiento del miembro que ejecuta la acción.

En todos los estudios los sujetos participan en una prueba de realidad virtual de inmersión donde se le pide realizar diferentes movimientos de su mano derecha, mientras se encontraba tumbado dentro de un escáner de resonancia magnética. **S.V. Adamovich et al 2009, Katherine August et al 2006, Martin Diers et al 2015, Soha Sale et al 2017**, además de la realidad virtual de inmersión emplean un guante instrumentado (25,21,24,26), mientras que **N. Britmat et al 2017**, solo realiza la prueba mediante la realidad virtual; recoge en su estudio que la activación da lugar a una lateralización por parte de la corteza sensoriomotora durante el ejercicio hacia el córtex motor (22). Cabe señalar que **Martin Diers et al 2015**, realizan el estudio con dos condiciones a) la realidad virtual con el 5DT Glove y b) caja espejo convencional, sin el guante, por lo que advierte que el uso del dispositivo pudiese influir en la propiocepción del paciente y aumentar las regiones cerebrales activas (24).

En todos ellos se observa un patrón de activación similar, coincidiendo las siguientes estructuras: corteza premotora primaria M1, corteza somatosensorial SI, corteza motora suplementaria lóbulo parietal superior e inferior (se va a relacionar con el opérculo 4), corteza cingulada anterior, corteza insular, giro poscentral que se relaciona con B1 (área somatosensorial) y esta a su vez con B4 (córtex motor primario) regiones frontales, precuneo dorsal, giro temporal superior y medio, opérculo rolándico, lóbulo occipital.

La activación de la corteza premotora dorsal, precuneo dorsal, así como las áreas de la corteza cingulada anterior (zona parietofrontal) recogida por **S.V. Adamovich et al 2009, N. Brihmat et al 2017 y K. August et al 2006**, los autores sospechan de la



capacidad de modulación de ciertas regiones cerebrales a través de un sistema de neuronas espejo, situadas en estos *loci* (25,22,21).

En el estudio de N. Brihmat releva mayor activación IPL durante la condición de observación e imitación que durante la ejecución. Entrelazando sus resultados con el autor **Martin Diers et al 2015**. En su estudio hace referencia a una región denominada opérculo (zona parietofrontal, circunvolución angular), loci de regiones funcionales de la mano, cuyas proyecciones utilizan la región OP4 como nexo a regiones parietofrontales (24). Se podría apoyar las teorías sobre el sistema de neuronas espejo y su relevancia en cuanto a la actividad motora de la mano.

Por otro lado, **Martin Diers et al 2015** menciona que la misma activación del córtex motor primario junto con la corteza somatosensorial, contralateral al movimiento, coincide con estudios anteriores donde se ha visto la misma activación en pacientes con un miembro amputado (24).

Soha saleh et al 2017, en su estudio persigue concretar la red que modula la activación de la corteza sensoriomotora ipsilesional: qué nodos son los que influyen en ella. De forma que logra definir que la retroalimentación del córtex motor primario procede de la corteza parietal contralesional, esto contribuye a los resultados obtenidos por los otros autores respaldando la afirmación de que la actividad M1 y S1 contralateral a la lesión. En su estudio emplea una muestra de sujetos hemiparésicos de miembro superior derecho, a diferencia de los demás muestras son sujetos diestros sanos (26).

Uno de los factores de estos estudios es la muestra de pacientes diestros sanos, y solo **Soha saleh et al 2017**, lo realiza con pacientes diestros hemipléjicos por ACV(26); sin embargo, todos muestran un patrón de activación similar, de forma que **S.V.Adamocvich et al 2009, N. Brihmat et al 2017, K. August et al 2006, Martin Diers et al 2015** hablan de la posibilidad de extrapolación de los resultados a una población hemipléjica (25,22,21,24).

En todos ellos, la muestra de sujetos para realizar el estudio es pequeña. También se menciona la posibilidad de que aquellos estudios donde se empleó el guante instrumentado, de tal forma que pudiera dar propiocepción suficiente como para



influir en la activación de las distintas regiones; en contraposición, **N. Brihmat et al**, encuentran zonas de activación frontoparietales, y en este caso no emplean ningún dispositivo, por lo que se elimina el estímulo propioceptivo. Así mismo, informa sobre la baja calidad del escáner empleado durante la prueba de imagen, podría afectar a la amplitud de datos (22).

Se debe añadir que otra posibilidad sería el interés y la novedad del empleo de la realidad virtual inmersiva, así lo mencionan estos autores, y la posibilidad de que ello influya en la activación de estas regiones.

Fortalezas y limitaciones

La patología abordada en esta revisión presenta una alta incidencia en la actualidad, la cual conlleva multitud de secuelas que dificultan el regreso a la actividad previa del paciente. Es una patología compleja que se aborda con diversas metodologías de tratamiento, debido a su gran prevalencia en la sociedad a nivel mundial. Cabe señalar que la tecnología se está haciendo un hueco en nuevas intervenciones sanitarias, y parece que podrían aportar grandes beneficios a estos pacientes a largo plazo.

Una de las limitaciones, es que hay muy pocos estudios realizados con personas con la enfermedad o bien la muestra poblacional es muy pequeña para poder extrapolarse a una población genérica.

Por otro lado, los artículos se centran más en una realidad virtual no inmersiva o bien semimersiva, donde el paciente juega observando una pantalla de ordenador en donde se refleja un avatar. En algunos añaden un exoesqueleto para favorecer su movimiento. Pero muy pocos hablan de una inmersión 3D en un escenario rehabilitador orientado a la ejecución de tareas.

Por lo que se refiere, otra dificultad añadida es la escasez de artículos en donde se miden las diferentes regiones corticales la ausencia de un grupo control que presente patología, así como la falta de seguimiento en el tiempo tras un periodo de rehabilitación.

CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES

En este apartado se recogen las conclusiones de los resultados respaldadas por los autores junto con sus respectivos artículos expuestos en los apartados anteriores. Las terapias junto con su forma de evaluación confluyen para obtener un mismo resultado y para aclarar dudas en cuanto a las redes cerebrales.

Las principales conclusiones son:

1. La terapia con realidad virtual puede ser un enfoque innovador que promueva una rehabilitación con una orientación más funcional, facilitando el retorno a la actividad de la vida diaria del paciente.
2. Aquellos pacientes que presentaban un mínimo de amplitud y fuerza de movimiento mejoran más que los que se encuentran con una clínica más grave.
3. La rehabilitación con dispositivos de realidad virtual inmersiva en pacientes ACV no muestra consecuencias adversas, tales como empeoramiento de síntomas o mareos.
4. Aquellos que evaluaron la activación de red neural junto con un dispositivo de guante instrumentado, obtienen actividad cerebral más significativa.
5. Tanto en el grupo de sujetos diestros sanos como en el grupo de sujetos hemipléjicos, se recoge un patrón de activación cortical similar, por lo que los resultados podrían contextualizar en la población con ACV.
6. El empleo de RV inmersiva favorece la activación de áreas adyacentes al sistema de neuronas espejo, por lo que posibilita el reaprendizaje de la tarea perdida en pacientes cerebro cardiovascular.
7. El cerebro presenta capacidad para adaptarse y establecer nuevas conexiones, y por lo tanto reaprendiendo las tareas motoras perdidas por el ACV.

PROPUESTA DETRATAMIENTO



7.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ACV se considera una de las patologías más prevalentes, que presenta cifras de morbo-mortalidad muy elevadas. Los supervivientes presentan una serie de secuelas, siendo la hemiparesia de MMSS, la complicación más aquejada de estos pacientes y que más dificultan la recuperación de su autonomía y a las AVD.

Por un lado, el empleo de la realidad virtual como tratamiento adicional al convencional, parece ser un elemento beneficioso en la recuperación de acción motora funcional del miembro hemiparético.

Por otro lado, el estudio de RMf con la realidad virtual en este tipo de pacientes, ha permitido observar que, en comparación con la terapia clásica de espejo, el *feedback* que ofrece el dispositivo de realidad virtual, favorece la activación de regiones corticales que preceden al movimiento. Este mecanismo se fundamenta en la neuroplasticidad y en el sistema de neuronas espejo.

A pesar de ello la mayoría de estos estudios se han desarrollado en pacientes con una gravedad leve – moderada y en un estado crónico, a partir de los 5 meses tras el ictus; o bien se ha estudiado activaciones de regiones corticales en sujetos sanos sin ningún tipo de disfunción o patología. Por ello se propone realizar un estudio en pacientes en una etapa más temprana de la patología, atendiendo a los mecanismos fisiológicos de la recuperación de los pacientes ACV.

Para concluir, la incorporación de la realidad virtual inmersiva ofrece grandes beneficios de cara a la recuperación de la autonomía del paciente y su vuelta a la actividad de la vida diaria.



7.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

7.2.1 Hipótesis del Estudio

Tras un accidente cerebrovascular, la realidad virtual inmersiva va a favorecer la generación de conexiones cerebrales favoreciendo el reaprendizaje de tareas motoras perdidas en el paciente con afectación de MMSS, devolviéndole en lo posible su autonomía.

7.2.2 Objetivo general de la propuesta de estudio

Analizar la influencia de los dispositivos de realidad virtual, para mejorar la funcionalidad de la extremidad parética y de promover la formación de conexiones cerebrales en pacientes hemiparéticos, devolviéndoles la mayor autonomía posible.

7.2.3 Objetivos específicos del programa de tratamiento

- Recoger datos que aporten evidencia científica de cómo se restablecen las conexiones perdidas tras el ictus, mediante pruebas de neuroimagen.
- Demostrar mediante técnicas de imagen, vías de asociación entre estructuras participes en la recuperación de las vías afectadas o en la creación de otras nuevas.
- Instaurar mecanismos de evaluación más precisos para comprender la formación de redes neuronales en este tipo de pacientes.
- Mejorar los rangos articulares y mejorar la fuerza del miembro afecto, para facilitar al paciente la vuelta a su actividad de la vida diaria (AVD) Conocer la influencia de la RV Inmersiva, para proponer nuevas técnicas terapéuticas.
- Establecer un enfoque terapéutico más holístico entre cerebro – órgano efector en beneficio del paciente.



- Mantener la motivación y adherencia del paciente al programa de rehabilitación.



7.3 MATERIAL Y MÉTODOS

7.3.1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PACIENTES

➤ Criterios de inclusión

- Edad entre 35 y 75 años.
- Pacientes con hemiparesia de miembro superior derecho por ACV.
- Paciente en una fase subaguda: entre 3 – 5 meses post ACV.
- Paciente déficit ligero – moderado de su habilidad motora. Al menos deberán presentar estos movimientos:
 - En posición facilitadora a la gravedad tendrá Suficiente flexión y extensión de la metacarpofalángica (MTCF). Flexión completa de muñeca y extensión mínima de 10º. Flexión completa de codo y extensión . Flexión y abducción de 90 grados mínimo y rotaciones interna y externa completa.
 - En posición antigravitaroria, actividad del hombro de 45º a la flexión y 25º de flexión de codo.
- Puntuación en la escala *National Institute of Health Stroke Scale* (NIHSS) < 8 (*Anexo 4*).
- El paciente debe haber firmado el consentimiento informado con total libertad y bajo condiciones cognitivas normales. Consentimiento aprobado por el CEI, comité de la ética de investigación de la Universidad de Pública de Navarra (*Anexo 5*).

➤ Criterios de exclusión

- Pacientes con riesgo de volver a sufrir ACV o con la HTA no controlada, cualquier historia de convulsiones.
- Pacientes que presenten espasticidad o capacidad motora abolida.
- Pacientes que no mantengan de forma independiente la sedestación o que les requiera gran esfuerzo.



- Pacientes con alguna otra discapacidad neurológica.
- Pacientes con afectación de áreas visual – auditiva.
- Pacientes con predisposición a desordenes psicológicos, tales como depresión, ansiedad, agresividad y/o adicciones.
- Pacientes que presenten dolor intenso, EVA<5.
- Pacientes que presenten algún tipo de déficit para comunicarse, además de afasia, agnosia y/o apraxia.
- Pacientes que presenten una puntuación inferior a 24 en el *Mini-Mental State Examination*.

➤ **Indicaciones para cese de tratamiento**

- Empeoramiento de sus síntomas.
- Presencia de mareos o vértigos.
- No cumplimiento de las pautas de tratamiento.
- Ausencia superior al 30% de la terapia.

7.3.1.2 MATERIAL

- *Descripción del Sistema de Realidad Virtual.*

Se empleará el dispositivo CTRL-kit (*Figura 16*) creado por CTRL-labs (<https://www.ctrl-labs.com/>). Se trata de una plataforma de interfaz neuronal no invasiva, conformada por un brazalete que detecta la actividad muscular mediante electromiografía de superficie. El dispositivo decodifica la actividad mioeléctrica procedente del sistema nervioso motor e individualiza esa actividad en función del músculo que ejecuta la acción. Además, el dispositivo no requiere movimiento, sino que decodifica la intencionalidad de la acción y muestra el control de fuerza cuando comprime, agarra e incluso el control de la destreza fina de los dedos. Junto con el sistema de realidad virtual HTC Vive.

- **Plataforma Unity** orientado a la rehabilitación. Se programará para trabajar las actividades de la vida diaria en un espacio virtual dentro de una cocina y una habitación común. Serán tareas lo más aproximado a su vida anterior al



ictus, tales actividades deberán envolver movimientos de flexo extensión de hombro, codo, muñeca, dedos, movimientos de pronosupinación, abducción y aducción, así como presión y extensión palmar.

- *Descripción del dispositivo Saebo Glove (Figura 17)*

Se trata de una órtesis con forma de guante, indicado en lesiones neurológicas. El dispositivo facilita la abducción del pulgar y la extensión de muñeca y dedos y el agarre. Otro rasgo del dispositivo permite una disposición funcional de la mano. Con el objetivo de mejorar la rehabilitación funcional de la mano (www.saebo.com).

Se caracteriza por un diseño ligero. Consta de tensores para cada dedo y articulación. Así, ayudará tanto a nivel biomecánico permitiendo una postura funcional como proporcionando inputs propioceptivos a nivel somatosensorial los receptores de la mano.

El paciente debe llevar la ortesis durante toda la semana, incluidos los fines de semana, con un mínimo de 8 horas activas del día y siempre y cuando vaya a desempeñar alguna actividad, con descanso en el periodo nocturno.

- *Descripción del guante empleado en la resonancia magnética funcional*

Se empleará el 5DT *data glove* 16 MRI (www.5dt.com), que no presenta ninguna pieza magnética. Se conforma por 14 sensores, pudiendo recoger muestreos 100 veces por segundos (*Figura 18*).



FIGURA 14: CTRL KIT DE CTRL-LABS



FIGURA 15: SAEBO GLOVE



FIGURA 16: 5DT DATA GLOVE 5



7.3.3 INTERVENCIÓN DEL ESTUDIO

Realizada la revisión de los artículos seleccionados, la realidad virtual como tratamiento en pacientes hemiparéticos de miembro superior por ACV, consideramos que los resultados expuestos sobre esta intervención proporcionan beneficios sólidos para el paciente, siendo estos perdurables en el tiempo.

Por ello, se propone un estudio observacional de realidad virtual inmersiva con el dispositivo *Saebo Glove*. Se quiere ver cómo se realiza la excitabilidad de la corteza cerebral con la estimulación de este dispositivo.

El estudio tendrá una duración de 12 semanas, 8 bajo supervisión en un entorno hospitalario, y un seguimiento de un mes post – intervención.

Se propone una toma de mediciones inicial, pre – intervención de la actividad motora y cortical. Se volverán a tomar mediciones 4 semanas después de iniciar el programa y otra post intervención. Después se volverá a evaluar en la semana 12, para valorar si los cambios del paciente se han sostenido en el tiempo.

La intervención recogida en la Tabla 5, se ha dividido en dos fases, de modo que las primeras cuatro semanas de intervención los pacientes recibirán 6 sesiones a la semana de fisioterapia convencional de 60 minutos y 30 minutos de realidad virtual 3 veces por semana. La primera fase se subdivide en fase Ia y Ib, cada una de 15 días, aumentando la dificultad de los ejercicios.

Por otro lado, la segunda fase constará de 60 minutos de terapia convencional 5 días por semana y 40 minutos de realidad virtual 4 días por semana. Igualmente, se subdivide en fase IIa y IIb, cada una de 15 días, cambiando la tipología de ejercicio.

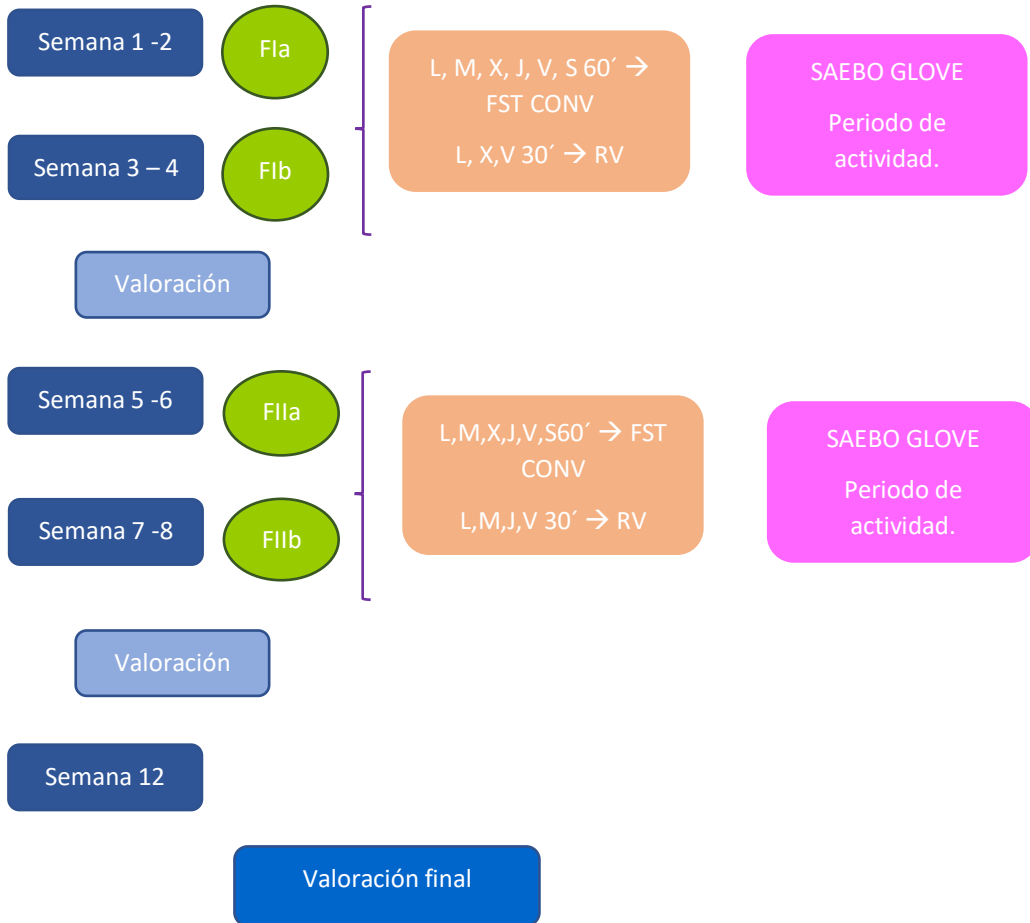
El paciente podrá realizar una fase de adaptabilidad al sistema de realidad virtual de una sesión y familiarizarse con los juegos.

El paciente llevará el *Saebo Glove* todos los días, un mínimo de 8 horas diarias y en periodos de actividad con descanso durante el sueño (*Anexo 13, Figura --*). Así como durante la realización de la actividad de realidad virtual.



TABLA 6: CRONOLOGÍA DE TRABAJO DEL ESTUDIO POR SEMANAS

ACTIVIDAD	Semana1	Semana2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 12
Medición 1									
Fase Ia	█	█							
Fase Ib			█	█					
Medición 2					█				
Fase IIa					█	█			
Fase IIb							█	█	
Medición 3									█
Medición 4									█





7.3.3.1 ESTIMACIÓN DE VARIABLES

Al comienzo del estudio, se realizará una entrevista a cada paciente para recoger los datos socio – demográficos: situación laboral y profesión, nivel de actividad, antecedentes clínicos y tratamientos previos.

Variables

Para medir la capacidad motora del miembro superior, se han establecido las siguientes mediciones, con el fin de evaluar la funcionalidad del miembro:

- *FMA-UE (Fulg Meyer Assessment – Upper Extremity)* Escala empleada para valorar la recuperación motora en pacientes hemipléjicos. Presenta 5 dominios que comprende: función motora, sensorial, equilibrio, rango de movimiento y dolor articular. Tiene una puntuación máxima de 226 puntos (*Anexo 6*).
- *BBT (Box and Block test)*, escala para valorar la destreza manual unilateral. Se contabiliza el número de bloques trasladados de un compartimento a otro en 60s. A mayor puntuación mayor destreza manual (*Anexo 7*).
- *FIM (Functional Independence Measure)* medición de 18 ítems que examina la función física, psicológica y social del individuo. La puntuación va desde la dependencia completa a la independencia total del individuo (*Anexo 8*).

En segundo lugar, para valorar los cambios plásticos corticales se empleará las pruebas de imagen:

- *Resonancia magnética funcional (RMf)*, técnica de neuroimagen con la que se obtienen imágenes de la actividad cerebral mientras se le pide al paciente la ejecución de una tarea. Los cambios se miden a través del BOLD, el flujo de oxígeno que se distribuye en determinadas zonas del cerebro. El aumento se extrapola a un incremento de la actividad neuronal de esa zona de la corteza. Durante la Resonancia el paciente porta el 5DT Glove 5, versión para RMf junto con un dispositivo de gafas de realidad virtual, en donde el paciente verá el escenario cocina empleado en la rehabilitación.



Tareas a realizar mientras se toman las imágenes de resonancia: se le pide la acción de coger una taza, que vierta el café sobre la taza, que coja una uva de un racimo o que unte la mermelada en una tostada. *Condiciones:* se le pedirá tres condiciones al paciente:

- *Observación:* el paciente deberá observar los gestos reproducidos en el escenario de cocina y habitación. Cada acción duró 3s con 2s de descanso entre cada ejecución.
 - *Ejecución:* el paciente deberá de realizar la tarea que ha observado dejándole un periodo de 5s como margen en cada acción y descansando 3s entre cada una.
 - *Imitación:* el paciente visualizará el escenario de realidad virtual y deberá imitar la acción simultáneamente a la que observa. Cada acción dura 5s con 3s de descanso entre cada ejecución.
- *Imagen de difusor de tensión (DTI)* consiste en una tractografía, capaz de estimar la anisotropía de las moléculas de agua, para valorar cómo se encuentran las vías de asociación cerebral y localizar el punto de lesión. Esto permite conocer la conectividad entre zonas corticales y permite crear un mapa de cómo se comunican estas zonas.
 - *Electroencefalograma (EEG)*, prueba funcional que permite obtener datos de la actividad eléctrica de la corteza cerebral. Se valoran los ritmos normales y patológicos o bien la ausencia de estos. Ayudará confirmar la comunicación entre áreas corticales o no.

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizarán con el programa SPSS 25 para Windows (*IBM SPSS Statistics Versión 25.0 NY; 2017*). Se comparará el estado inicial de FMA-UE, BBT y FIM, así como los datos recogidos en las pruebas de imagen, con los valores recogidos para las mismas variables post-intervención. Para medidas repetidas y datos cuantitativos normales se empleará ANOVA. En cuanto a datos no normales la prueba será FIREDMAN.



Resultados esperados

Se considera $p < 0.005$, resultados estadísticamente significativos, aceptando la hipótesis, siendo los dispositivos de realidad virtual beneficiosos en la recuperación de los pacientes ACV.



7.3.5 EJERCICIOS DE LA PROPUESTA

A) Fase Ia

➤ **Fisioterapia Convencional**

- Relajación de la musculatura hipertónica mediante amasamientos y estiramientos.
 - Paciente en decúbito supino, realizar movimientos de circunducción del complejo gleno-humeral y amasamientos en musculatura deltoidea, bíceps y braquiorradial.
 - Apertura de mano y dedos.
- Maniobras de retorno de la vascularización en la parte distal de la mano, haciendo hincapié en los dedos: maniobras de llamada y reabsorción.
- Ejercicios de movilidad articular activo-asistidos paralelos a la gravedad, desde hombro hasta la muñeca y dedos (el paciente debe ver cómo se mueve su mano) serán movimientos sencillos:
 - flexo – extensión de hombro: paciente en decúbito lateral del lado contralateral al afecto.
 - Abducción y aducción de hombro: paciente en decúbito supino.
 - Flexo – extensión de codo, muñeca y dedos: el paciente en sedestación con el miembro hemiparético apoyado en la mesa posición neutra del antebrazo. La mano en posición neutra realizar flexión palmar y dorsal de muñeca y luego, dedos.
 - Pronosupinación: paciente en sedestación con el miembro hemiparético apoyado en una mesa.
 - Desviación cubital y radial de muñeca: paciente en sedestación con el miembro hemiparético apoyado en la mesa y la palma de la mano en contacto con la mesa.
 - Apertura y cierre de dedos: paciente en sedestación con el miembro afecto apoyado en la mesa y mano en posición neutral.



- Diagonales de Kabat activo – asistido y teniendo en cuenta el rango articular del hombro, sin ser doloroso. Paciente en decúbito lateral (*Anexo 9. Figura 19*).
- Ejercicio de carga progresiva: el paciente en sedestación en la camilla debe apoyar el codo del miembro hemiparético para ir dejando soportar distintas cargas realizando inclinaciones de su cuerpo hacia ese lado (*Anexo 10, figura 23*).
- Ejercicios de estimulación sensorial mediante objetos como un cepillo o lija: el paciente en sedestación, con los miembros superiores apoyados en una mesa a una altura adecuada al paciente.
- Ejercicio de precisión, facilitando y asistiéndole la pinza (*Anexo 11*).

➤ **Realidad virtual & SaeboGlove**

- Cocina (*Anexo 13, figura 32,33*). El paciente se encontrará sentado con las manos apoyadas en una mesa. El paciente realizará movimientos paralelos a la gravedad de flexo – extensión, pronosupinación y desviaciones de muñeca. Tarea virtual:
 - Coger una taza que está encima de la mesa y atraerla hacia si, servir el café y añadir azúcar. Untar mermelada en una tostada.
 - Lavar el plato en el fregadero.
 - Abrir la ventana y Limpiarla.
- Habitación (*Anexo 13, figura 34*)
 - Extender las sábanas de la cama y colocar las toallas en una estantería. Colocar los cojines y abrir las ventanas.
 - Pasar la aspiradora.

B) Fase Ib

➤ **Fisioterapia Convencional**

- Relajación de la musculatura hipertónica mediante amasamientos y estiramientos (Fase Ia).
- Ejercicios de movilidad activo – asistidos:



- Flexo – extensión, abducción y aducción de hombro: paciente en sedestación en una silla con los dos miembros superiores encima de un rulo que se encuentra encima de la camilla. Realizar movimientos de flexo – extensión del hombro.
 - Flexo – extensión de codo deslizando una toalla a lo largo de la mesa.
 - Flexo – extensión de muñeca y pronosupinación: paciente coloca la mano sobre una pelota y hacerla rodar hacia adelante y atrás generando flexión dorsal y palmar.
 - Desviación radial – cubital: paciente en sedestación con la mano encima de la mesa deslizando la toalla hacia los lados.
 - Flexo – extensión, abducción y aducción de los dedos, arrugando y aplanando la toalla.
 - Rotación complejo glenohumeral, paciente en sedestación, mano en posición neutra y realizar rotación interna y externa de la glena.
- Ejercicios de fuerza mediante ejercicios isométricos de resistencia proporcionada por el fisioterapeuta (*Anexo 10, figura 22*).
 - Diagonales de Kabat activos – asistidos: paciente en decúbito supino, debe seguir con la vista los movimientos realizados (*Anexo 9, figura 21*).
 - Ejercicios de estimulación sensorial mediante distintas texturas y estimulación con un peine en la palma para estimular los músculos flexores.
 - Ejercicio de fuerza: paciente en sedestación, colocar la mano hemiparética abierta sobre la camilla. El paciente debe apoyarse en su mano hemiparética e ir dejando soportar distintas cargas con inclinación de su cuerpo hacia ese lado (*Anexo 10, figura 24*).
 - Sostener un balón de 1kg de un lado a otro ayudándose con su mano no afecta a colocarlo.
 - Ejercicios de precisión, activo–asistido, coger vaso de agua y soltar, asistiendo la presa digito palmar (*Anexo 11*).



➤ **Realidad Virtual & Saeboglove**

- Cocina (Anexo 13, figura 32,33). El paciente se encuentra sentado con las manos apoyadas en una mesa.
 - Coger una taza de una estantería y llenarla de agua. Coger una tostada y untar mermelada. Trocear la fruta y colocarla en un plato. Simular el gesto de llevárselo a la boca.

- Habitación (Anexo 13, figura 34)
 - Extender las sábanas de la cama y colocar cojines. Abrir un cajón y colocar toallas. Colgar un abrigo en un perchero.
 - Coger un libro de una estantería y pasar las páginas (29).

C) Fase IIa

Primeros 15 días de la fase II

- Fisioterapia Convencional,
- Movilidad articular activo – asistido:
 - Flexo – extensión, abducción, aducción de hombro, paciente en sedestación sosteniendo una pica (fisioterapeuta asiste el movimiento).
 - Rotación externa e interna de hombro, paciente en decúbito prono.
 - Flexo- extensión de codo, el paciente en sedestación con la mano colgando.
 - Pronosupinación, paciente en sedestación.
 - Flexo- extensión de muñeca y dedos, paciente en sedestación dejando caer la mano por fuera de la mesa.

 - Ejercicios isométricos de los movimientos articulares anteriores. El fisioterapeuta le provoca una ligera resistencia, sin generar movimiento (Anexo 10, figura 22).



- Ejercicio de fuerza, sostener una pelota de 1kg y trasladarla a diferentes puntos indicados por el fisioterapeuta.
- Ejercicios de fuerza, paciente en sedestación coge un cubito de madera con su mano no afecta y apoya el codo del miembro afecto en la camilla y realiza una lateroflexión hacia ese lado y debe darle la piecita a su fisioterapeuta (*Anexo 10, figura 25*).
- Ejercicio: realizar el gesto de como si fuera a colgar su abrigo con las dos manos, cogiendo un aro y encestándolo en un cono.
- Coger botella de forma activa - asistida y llevarla a la boca, asistiendo la presa digitopalmar, y luego hacer montículos con cubos de madera asistiendo la pinza termino – terminal (*Anexo 11*).

➤ **Realidad Virtual & Saeboglove**

- Cocina (*Anexo 13, figura 32,33*):
 - Preparar el desayuno, coger un cuenco de una estantería, coger una fruta, trocearla y dejarla en el cuenco. Coger una taza y servir el café. Llevarse la taza a la boca para beber.
 - Abrir el tarro de azúcar, echar al café y revolver con una cucharita.
 - Dar de comer a una mascota, vertiendo el pienso en un cuenco.
- Habitación (*Anexo 13, figura 34*):
 - Colgar el abrigo en un perchero. Abrir el pomo de la puerta y abrir la persiana. Pasar la aspiradora de mano. Doblar toallas y colocarlas en una estantería.

D) Fase IIb.

➤ **Fisioterapia Convencional**

- Ejercicios de movilidad articular activa, se le pedirá al paciente que realice movimiento de flexo- extensión de hombro, codo, muñeca y dedos.
- Ejercicios activo – resistidos de los movimientos articulares del primer punto. El fisioterapeuta le opone resistencia al movimiento.



- Ejercicios de fuerza: Paciente en sedestación sostener una pelota de 1kg trasladarla a distintas posiciones indicadas por el fisioterapeuta.
- Ejercicio dinámico, golpear un globo con la mano hemiparética.
- Ejercicios funcionales:
 - Paciente en sedestación debe coger botellas de agua con distintos volúmenes e ir colocándolas en distintas posiciones encima de una mesa, siguiendo las indicaciones del fisioterapeuta.
 - Jugar al dominó cogiendo las piezas mediante una pinza termino – terminal, fisioterapeuta asiste el movimiento si es necesario.
 - Coger una chaqueta de un perchero
 - Ejercicio de doblar una toalla.

➤ **Realidad virtual & Saeboglove**

- Cocina (Anexo 13, figura 32,33):
 - Coger un libro de cocina de una estantería y preparar la comida: croquetas realizando gestos circulares con la mano.
 - Coger uvas de un racimo y ponerlas en un cuenco.
 - Sostener el cuenco y llevarlo al fregadero para fregarlo.
- Habitación (Anexo 13, figura 34)
 - Llamar al timbre, abrir el pomo de la puerta. Colocar el abrigo en el perchero y saludar con la mano. Pasar la aspiradora de mano y abrir las ventanas. Luego abrir los cajones para colocar unas toallas.
 - Dar de comer a la mascota vertiendo el pienso en su comedero.

AGRADECIMIENTOS

“La gente olvidará lo que dijiste,
olvidará lo que hiciste, pero
jamás olvidará,
cómo les hiciste sentir”



8 AGRADECIMIENTOS

Primero, reconocer a la directora de este trabajo Ana M^a Insausti Serrano, su apoyo y dedicación tanto a este trabajo como a mí, alumna de cuarto de carrera, orientándome en la consolidación de este trabajo. Sin sus consejos no hubiese podido desarrollar esta propuesta de estudio.

Agradecer a Mitxelko Sánchez, por su colaboración y disposición a la resolución de dudas durante el desarrollo del trabajo, así como problemas técnicos informáticos.

A mi familia, por su apoyo incondicional durante los cuatro años de carrera desde Galicia, por preocuparse de mí, creer en mí y sobre todo por su esfuerzo para poder haber realizado mi sueño y cumplir una promesa. Por ti, abuelo.

A mis compañeras/os de profesión, mención especial a mis compañeras de piso durante estos años que se han convertido en un hogar al que siempre regresar.

A Michelle Carone, por escuchar, apoyar y darme consejo desde los Estados Unidos: por volver a vernos y emocionarnos al compás del corazón.

BIBLIOGRAFÍA



9 BIBLIOGRAFÍA

1. Cano de la Cuerda, Collado Vázquez. *Neurorrehabilitación: Métodos específicos de valoración y tratamiento*. 1ª edición. España: Panamericana; 2012.
2. Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*. agosto de 2001;24(8):1000-19.
3. Leciñana MAD. *FISIOPATOLOGÍA DE LA ISQUEMIA CEREBRAL*. :15.
4. Bettina Paeth. *Experiencias con el concepto Bobath: Fundamentos, tratamiento, casos*. 1ª edición. Panamericana, España, 2000.
5. Liepert J, Tegenthoff M, Malin JP. Changes of cortical motor area size during immobilization. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. diciembre de 1995;97(6):382-6.
6. Sanes JN, Suner S, Donoghue JP. Dynamic organization of primary motor cortex output to target muscles in adult rats I. Long-term patterns of reorganization following motor or mixed peripheral nerve lesions. *Exp Brain Res*. 1 de marzo de 1990;79(3):479-91.
7. Rizzolatti G, Luppino G. The cortical motor system. *Neuron*. 27 de septiembre de 2001;31(6):889-901.
8. Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, Di Rosa M, Fabbietti P, Luzi R, et al. Effectiveness of Intervention Based on End-effector Gait Trainer in Older Patients With Stroke: A Systematic Review. *J Am Med Dir Assoc [Internet]*. 29 de noviembre de 2019
9. Rizzolatti G, Luppino G, Matelli M. The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. abril de 1998;106(4):283-96.



10. Keyzers C, Gazzola V. Social Neuroscience: Mirror Neurons Recorded in Humans. *Curr Biol.* 27 de abril de 2010;20(8):R353-4.
11. William J. Powers, Alejandro A. Rabinstein. 2018 guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: A guideline for Healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* Vol 49. March 2018. p e46-e99.
12. Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, Di Rosa M, Fabbietti P, Luzi R, et al. Effectiveness of Intervention Based on End-effector Gait Trainer in Older Patients With Stroke: A Systematic Review. *J Am Med Dir Assoc.* 28 de noviembre de 2019.
13. Adamovich S, Fluet GG, Merians AS, Mathai A, Qiu Q. Recovery of hand function in virtual reality: Training hemiparetic hand and arm together or separately. En: 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2008. p. 3475-8.
14. Lauri Conelly, Yicheng Jia, Maria L.Toro, Mary Ellen Stoykov, Robert V. Kenyon. A Pneumatic Glove and Immersive Virtual Reality Environment for Hand Rehabilitative Training after Stroke. *IEE Transactions on neural systems and rehabilitation Engineering.* Vol 18. NO. 5, October, 2010;p 551-559.
15. Shin J-H, Kim M-Y, Lee J-Y, Jeon Y-J, 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 Neuroengineering Rehabil.* 24 de febrero de 2016;13:17.
16. 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.* 2019;77(10):681-8.
17. Adams RJ, Ellington AL, Armstead K, Sheffield K, Patrie JT, Diamond PT. Upper Extremity Function Assessment Using a Glove Orthosis and Virtual Reality System. *OTJR Occup Particip Health.* 2019;39(2):81-9.



18. Ikbali Afsar S, Mirzayev I, Umit Yemisci O, Cosar Saracgil SN. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 1 de diciembre de 2018;27(12):3473-8.
19. Weber LM, Nilsen DM, Gillen G, Yoon J, Stein J. Immersive Virtual Reality Mirror Therapy for Upper Limb Recovery After Stroke: A Pilot Study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019;98(9):783-8.
20. Nissler C, Nowak M, Connan M, Büttner S, Vogel J, Kosyik I, et al. VITA - An everyday virtual reality setup for prosthetics and upper-limb rehabilitation. *J Neural Eng.* 1 de abril de 2019;16:026039.
21. August K, Lewis JA, Chandar G, Merians A, Biswal B, Adamovich S. FMRI analysis of neural mechanisms underlying rehabilitation in virtual reality: activating secondary motor areas. *Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf.* 2006;2006:3692-5.
22. Brihmat N, Tarri M, Quidé Y, Anglio K, Pavard B, Castel-Lacanal E, et al. Action, observation or imitation of virtual hand movement affect differently regions of the mirror neuron system and the default mode network. *Brain Imaging Behav.* octubre de 2018;12(5):1363-78.
23. Huang Q, Wu W, Chen X, Wu B, Wu L, Huang X, et al. Evaluating the effect and mechanism of upper limb motor function recovery induced by immersive virtual-reality-based rehabilitation for subacute stroke subjects: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 6 de febrero de 2019;20(1):104.
24. Diers M, Kamping S, Kirsch P, Rance M, Bekrater-Bodmann R, Foell J, et al. Illusion-related brain activations: A new virtual reality mirror box system for use during functional magnetic resonance imaging. *Brain Res.* 12 de enero de 2015;1594:173-82.
25. Adamovich SV, August K, Merians A, Tunik E. A virtual reality-based system integrated with fmri to study neural mechanisms of action observation-



- execution: A proof of concept study. *Restor Neurol Neurosci.* 2009;27(3):209-23.
26. Saleh S, Yarossi M, Manuweera T, Adamovich S, Tunik E. Network interactions underlying mirror feedback in stroke: A dynamic causal modeling study. *NeuroImage Clin.* 21 de noviembre de 2016;13:46-54.
 27. Gerber SM, Muri RM, Mosimann UP, Nef T, Urwyler P. Virtual reality for activities of daily living training in neurorehabilitation: a usability and feasibility study in healthy participants. *Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf.* 2018;2018:1-4.
 28. Phelan I, Arden M, Garcia C, Roast C. Exploring virtual reality and prosthetic training. En: *2015 IEEE Virtual Reality (VR).* 2015. p. 353-4.
 29. Kurzynski M, Jaskolska A, Marusiak J, Wolczowski A, Bierut P, Szumowski L, et al. Computer-aided training sensorimotor cortex functions in humans before the upper limb transplantation using virtual reality and sensory feedback. *Comput Biol Med.* agosto de 2017;87:311-21.
 30. Friedrich Paulsen. *Sobotta: Atlas de Anatomía Humana (1229 láminas), Vol 3, 23ª edición, S.A. ELSEVIER ESPAÑA, 2012.*
 31. John T. Hansen, Bruce M. Koeppen. *Atlas of Neuroanatom and Neurophysiology: Selections from Netter Colletion of Medical Illustrations special edition. Icon Custom Communication, 2002.*
 32. Bruce M. Koeppen, Bruce A. Stanton. *Berne y Levy, Fisiología. 6ª edición. ELSEVIER ESPAÑA, Barcelona, 2009.*
 33. Susan S.Adler, Dominiek Beckers, Math Buck. *PNF in Practice: An Illustrated guide. 3ª edición. SPRINGER, Germany, 2008*
 34. Anne M.Gilroy, Brian R. MacPherson, Lawrence M. Ross. *PROMETHEUS: Atlas de Anatomía, 1ª edición, Panamericana, España, 2008*



35. Sue Raine, Linzi Meadows, Mary Lynch-Ellerington. Bobath Concept: Theory and clinical practice in neurological rehabilitation. 1ª edición, WILLEY - BLACKWELL, USA, 2009
36. Berta Bobath. Hemiplejia del adulto: Evaluación y tratamiento. 3ª edición, Panamericana, Buenos Aires, Argentina, 1999.
37. Patricia A. Downie. Cash Neurología para fisioterapeutas. 4ª edición, Panamericana, Buenos Aires, Argentina, 2001
38. A.R.Crossman, D. Neary. Neuroanatomía: Texto y atlas en color. 3ª Edición. ELSEVIER MASSON, Barcelona, España. 2007.

ANEXOS



Anexo 1: Factor de Impacto

		Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
Christian Nissler et al 2019	Journal of Neural Engineering	4,551	Neuroscience	10/80 Q1	1,647	Biomedical engineering	Q1
Lauri Connelly 2010	IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING	3,478	Rehabilitation	5/65 Q1	0,992	Medicine	Q1
Joon – Ho Shin et al 2018	Journal of Neural Engineering and Rehabilitation	4,551	Neurosciences	62/ 267 Q1	1,647	Biomedical Engineering	Q1
Katherine August et al 2006	28 th IEE EMBS annual international conference, 2006						
Lynne M. Weber et al 2019	American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation	1,908	Rehabilitation	23/65 Q2	0,745	Rehabilitation	Q1
Martin Diers et al 2015	Brain Research	3,103	Neuroscience	119/267 Q2	1,364	Neurology	Q1



Muhammed NurÖGÜN et al 2019	Arquivos de Neur - Psiquiatria	1,048	Neuroscience	249/267 Q4	0,487	Neurology	Q3
Nabila Brihmat et al 2017	Brain imaging and Behavior	3,418	Neuroimaging	5/14 Q2	1,167	Radiology, nuclear medicine and imaging	Q1
Qianqian Huang et al 2019	Trials	1,975	Medicine, research & experimental	91/136	1,478	Medicine	Q1
Richard J. Adams et al 2019	OTJR – Occupation, Participation and health	1,234	Rehabilitation	49/69 Q3	0,585	Occupational Therapy	Q1
Sergei Adamovich et al 2009	30th Annual International IEEE EMBS Conference						
Sevgi Ikbali Afsar et al 2018	Journal of stroke and cerebral diseases	1,646	Neuroscience	227/267 Q4	0,775	Rehabilitation	Q1
Soha Saleh et al 2017	Neuroimage	5,812	Neuroimaging	11/129 Q1	3,354	Neurology	Q1



Anexo 2: Escala PEDro

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	TOTAL
Conelly et al 2010	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7/10
Muhammed Nur ÖGÜN et al 2019	Sí	Si	Sí	No	No	No	Si	No	Si	Si	6/10
Sergi ikhali et al 2018	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7/10
Joon – Ho Shin et al 2018	Sí	Sí	Sí	No	No	Si	Sí	No	Sí	Sí	7/10



Anexo 3: Escala CASPE

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	TOTAL
<u>S.V. Adamovich 2009</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	9/11
<u>Crhistian Nister 2019</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	9/11
<u>Martin Diers 2015</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	8/11
<u>Richard J. Adams 2019</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	NO	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	No sé	Sí	7/11
<u>Soha saleh 2017</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	8/11
<u>StephanM Gerber et al 2018</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	9/11
<u>Nabila Brihmat et al 2017</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	8/11



<u>Katherine August et al 2006</u>	Sí	Sí	Sí	Sí	No	RESULTADOS	RESULTADOS	Sí	Sí	Sí	Sí	8/11
---	----	----	----	----	----	------------	------------	----	----	----	----	-------------



Anexo 4: National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)

Escala NIHSS: National Institute of Health Stroke Scale. Fechas/hora:

1a. Nivel de conciencia	Alerta	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Somnolencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Obnubilación	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Coma	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1b. Nivel de conciencia Preguntas verbales ¿En qué mes vivimos? ¿Qué edad tiene?	Ambas respuestas son correctas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Una respuesta correcta	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ninguna respuesta correcta	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1c. Nivel de conciencia. Órdenes motoras 1. Cierre los ojos, después ábralos. 2. Cierre la mano, después ábrala.	Ambas respuestas son correctas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Una respuesta correcta	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ninguna respuesta correcta	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2. Mirada conjugada (voluntariamente o reflejos óculocefálicos, no permitidos óculo-vestibulares) Si lesión de un nervio periférico: 1 punto.	Normal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paresia parcial de la mirada	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Paresia total o desviación forzada	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. Campos visuales (confrontación) Si ceguera bilateral de cualquier causa: 3 puntos. Si extinción visual: 1 punto	Normal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hemianopsia parcial	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hemianopsia completa	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Ceguera bilateral	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4. Paresia facial	Normal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paresia leve (asimetría al sonreír.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Parálisis total de músc. facial inferior	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Parálisis total de músc. facial superior e inferior.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5. Paresia de extremidades superiores (ES) Se explora 1º la ES no parética Debe levantar el brazo extendido a 45º (decúbito) ó a 90º (sentado). No se evalúa la fuerza distal Se puntúa cada lado por separado. El 9 no se contabiliza en el cómputo global.	Mantiene la posición 10°.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Claudica en menos de 10° sin llegar a tocar la cama.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Claudica y toca la cama en menos de 10°.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Hay movimiento pero no vence gravedad.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Parálisis completa.	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Extremidad amputada o inmovilizada	9	9	9	9	9	9	9	9	9
6. Paresia de extremidades inferiores (EI) Se explora 1º la EI no parética. Debe levantar la pierna extendida y mantener a 30°. Se puntúa cada lado por separado. El 9 no se contabiliza en el cómputo global.	Mantiene la posición 5°.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Claudica en menos de 5° sin llegar a tocar la cama.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Claudica y toca la cama en menos de 5°.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Hay movimiento pero no vence gravedad.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Parálisis completa.	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Extremidad amputada o inmovilizada.	9	9	9	9	9	9	9	9	9
7. Ataxia de las extremidades. Dedo-nariz y talón-rodilla. Si déficit motor que impida medir disimetría: 0 pt.	Normal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ataxia en una extremidad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ataxia en dos extremidades.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8. Sensibilidad. Si obnubilado evaluar la retirada al estímulo doloroso. Si déficit bilateral o coma: 2 puntos.	Normal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Leve o moderada hipoestesia.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Anestesia.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9. Lenguaje. Si coma: 3 puntos. Si intubación o anartria: explorar por escritura.	Normal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Afasia leve o moderada.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Afasia grave, no posible entenderse. Afasia global o en coma	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10. Disartria. Si afasia: 3 puntos	Normal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Leve, se le puede entender.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Grave, ininteligible o anartria. Intubado. No puntúa.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11. Extinción-Negligencia-Inatención. Si coma: 2 puntos.	Normal.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Inatención/extinción en una modalidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Inatención/extinción en más de una modalidad.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL										



Anexo 5: Consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre y apellidos del alumno.....

Nombre del investigador que le informa: Natalia Regueira Senra

Este documento pretende proporcionarle información sencilla y clara sobre la rehabilitación del miembro superior hemipléjico. Por favor, léalo cuidadosamente y no dude en plantear cualquier duda o pregunta al investigador. Al final incluimos el documento de consentimiento informado que usted deberá firmar si desea participar en el estudio.

El motivo de este estudio

La recuperación funcional del miembro superior hemipléjico tras un accidente cerebrovascular es todavía, una de las consecuencias más aquejadas de estos pacientes y que limita el retorno a sus actividades de la vida diaria. Todo ello supone el compromiso de su autonomía y cambios en su entorno domiciliario, familiar y social.

Rehabilitación miembro superior hemipléjico

La terapia convencional hospitalaria para recuperar la movilidad y funcionalidad del miembro superior es precaria e insuficiente, lo que lleva a una disminución de sus capacidades funcionales

Efecto de la realidad virtual inmersiva

Dispositivo nuevo que implica al paciente en primera persona y le hace estar más atento, favoreciendo la adherencia a un programa rehabilitador y mejorando la calidad de vida del paciente, devolviéndole su autonomía perdida.

¿Cómo puede contribuir a mejorar la rehabilitación de pacientes con miembro superior hemipléjico tras un ACV?

Proporcionando más conocimiento sobre la eficacia de dispositivos de realidad virtual con el fin de promover conexiones cerebrales de estos pacientes y mejorar su autonomía, y así establecer un nuevo enfoque terapéutico.



He recibido información clara y sencilla, oral y por escrito, acerca del estudio y la investigadora me ha explicado el proceso de forma satisfactoria.

1.- He recibido respuestas a todas mis preguntas.

2.- He comprendido todo lo anteriormente expuesto y que la decisión es libre y voluntaria, así como que puedo retirar el consentimiento cuando lo desee.

Por tanto **DOY MI CONSENTIMIENTO** al estudio que se me propone:

.....
Firma del/a investigador/a
informante

Firma del participante en el estudio

DNI:

DNI:

En Tudela, a de de

He decidió **NO AUTORIZAR** el estudio que me ha sido propuesto:

Firma del/a investigador/a
informante

Firma del participante en el estudio

DNI:

DNI:

En Tudela, a de de

He decidido **REVOCAR MI ANTERIOR AUTORIZACIÓN**:

Firma del/a investigador/a
informante

Firma del participante en el estudio

DNI:

DNI:

En Tudela, a de de



Estimado paciente,

Le informamos del desarrollo de un estudio de investigación que estamos llevando a cabo sobre la rehabilitación del miembro superior hemipléjico tras un ictus en la población navarra.

En la actualidad, el accidente cerebrovascular es una de las patologías con mayor prevalencia y que pone en compromiso la autonomía de los pacientes. Incluso después de la rehabilitación hospitalaria las secuelas perduran sin sanarse.

El objetivo principal de este estudio es analizar la influencia de los dispositivos de realidad virtual con el fin de mejorar la función del miembro superior hemipléjico, así como promover la formación de conexiones cerebrales que ayuden a mejorar su capacidad funcional y calidad de vida.

Los datos de este estudio estarán bajo anonimato con el fin de preservar su identidad que solo conocerá su terapeuta. Su identidad no será revelada, en ningún caso a personas o entidades no relacionadas con este estudio.

Agradeciendo su colaboración,

Atentamente Grado de Fisioterapia de Tudela (UPNA)





CONSENTIMIENTO INFORMADO INVESTIGACIÓN

D. /Dña (Nombre y apellidos),
de..... años de edad

DECLARO

He entendido la información que se me ha facilitado acerca del trabajo de investigación en el que voy a tomar parte voluntariamente. Este es un estudio acerca de la rehabilitación del miembro hemipléjico con dispositivo de realidad virtual inmersiva en la población navarra. Las intervenciones que se me van a realizar son:

Una rehabilitación con fisioterapia convencional y juegos de realidad virtual inmersiva junto con una ortesis de mano. Evaluando al inicio, a mitad y final de la intervención, además de un seguimiento un mes después de la terapia.

He tenido la oportunidad de comentar y preguntar los detalles de dicha información. Entiendo que puedo abandonar el estudio en cualquier momento que yo crea oportuno.

La persona investigadora me ha indicado que todos los datos acerca de mi persona son estrictamente confidenciales y no transferibles. Mis datos podrán ser única y exclusivamente utilizados para fines científicos siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto a mi intimidad y anonimato.

Dado que entiendo todo lo anterior, **CONSIENTO** que se me incluya en el citado estudio de investigación.

Firma del participante en el estudio

Firma del participante en el estudio

*** En caso de necesitar más información o tener alguna duda pónganse en contacto con el investigador: Natalia Regueira Senra, tel. 677.37.09.82*



Anexo 6: Escala FULG – MEYER

**FUGL-MEYER ASSESSMENT
UPPER EXTREMITY (FMA-UE)
Assessment of sensorimotor function**

ID:
Date:
Examiner:

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.

A. UPPER EXTREMITY, sitting position				
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors (at least one)		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)				
II. Volitional movement within synergies, without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	Shoulder elevation	0	1	2
	Shoulder abduction (90°)	0	1	2
	Shoulder external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
	Forearm pronation	0	1	2
	Subtotal II (max 18)			
III. Volitional movement mixing synergies, without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine hand on lap	cannot perform or hand in front of ant-sup iliac spine hand behind ant-sup iliac spine (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0°- 90° elbow at 0°	immediate abduction or elbow flexion	0	1	2
pronation-supination 0°	abduction or elbow flexion during movement flexion 90°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90°	no pronation/supination, starting position impossible	0	1	2
shoulder at 0°	limited pronation/supination, maintains starting position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal III (max 6)				
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90° - 180° elbow at 0°	immediate abduction or elbow flexion	0	1	2
pronation-supination 0°	abduction or elbow flexion during movement flexion 180°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0°	no pronation/supination, starting position impossible	0	1	2
shoulder at 30°- 90° flexion	limited pronation/supination, maintains start position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal IV (max 6)				
V. Normal reflex activity assessed only if full score of 6 points is achieved in part IV; compare with the unaffected side		0 (IV), hyper	lively	normal
biceps, triceps, finger flexors	2 of 3 reflexes markedly hyperactive or 0 points in part IV 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)				
Total A (max 36)				



B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the starting position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	cannot perform volitionally jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction	0	1	2
Total B (max 10)				

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive flexion		0	1	2
GRASP				
a. Hook grasp flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
b. Thumb adduction 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
c. Pincer grasp, opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
d. Cylinder grasp cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
e. Spherical grasp fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)				

D. COORDINATION/SPEED , sitting, after one trial with both arms, eyes closed, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria at least 1 completed movement	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time start and end with the hand on the knee	at least 6 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total D (max 6)				



TOTAL A-D (max 66)				
H. SENSATION, upper extremity eyes closed, compared with the unaffected side		anesthesia	hypoesthesia or dysesthesia	normal
Light touch	upper arm, forearm	0	1	2
	palmary surface of the hand	0	1	2
		less than 3/4 correct or absence	3/4 correct or considerable difference	correct 100%, little or no difference
Position small alterations in the position	shoulder	0	1	2
	elbow	0	1	2
	wrist	0	1	2
	thumb (IP-joint)	0	1	2
Total H (max12)				

J. PASSIVE JOINT MOTION, upper extremity, sitting position, compare with the unaffected side				J. JOINT PAIN during passive motion, upper extremity		
	only few degrees (less than 10° in shoulder)	decreased	normal	pronounced pain during movement or very marked pain at the end of the movement	some pain	no pain
Shoulder						
Flexion (0° - 180°)	0	1	2	0	1	2
Abduction (0°-90°)	0	1	2	0	1	2
External rotation	0	1	2	0	1	2
Internal rotation	0	1	2	0	1	2
Elbow						
Flexion	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Forearm						
Pronation	0	1	2	0	1	2
Supination	0	1	2	0	1	2
Wrist						
Flexion*	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Fingers						
Flexion	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Total (max 24)				Total (max 24)		

A. UPPER EXTREMITY	/36
B. WRIST	/10
C. HAND	/14
D. COORDINATION / SPEED	/ 6
TOTAL A-D (motor function)	/66

H. SENSATION	/12
J. PASSIVE JOINT MOTION	/24
J. JOINT PAIN	/24



Anexo 7: Box & Block Test

General Information (derived from Mathiowetz et al, 1985):

- The patient is allowed a 15-second trial period prior to testing
- Immediately before testing begins, the patient should place his/her hands on the sides of the box
- When testing begins, the patient should grasp one block at a time with the dominant hand, transport the block over the partition, and release it into the opposite compartment
- The patient should continue doing this for one minute
- The procedure should then be repeated with the nondominant hand
- After testing, the examiner should count the blocks
- If a patient transports two or more blocks at the same time, this should be noted and the number subtracted from the total
- No penalty should be made if the subjects transported any blocks across the partition and the blocks bounced from the box to the floor or table

Set-up:

- A test box with 150 blocks and a partition in the middle is placed lengthwise along the edge of a standard-height table
- The patient should be seated on a standard height chair facing the box
- 150 blocks should be in the compartment of the test box on the side of the patient's dominant hand
- The examiner should face the patient so she or he could view the blocks being transported

Patient Instructions (derived from Mathiowetz et al, 1985):

"I want to see how quickly you can pick up one block at a time with your right (or left) hand [point to the hand]. Carry it to the other side of the box and drop it. Make sure your fingertips cross the partition. Watch me while I show you how."

Transport three cubes over the partition in the same direction you want the patient to move them. After a demonstration say the following:

"If you pick up two blocks at a time, they will count as one. If you drop one on the floor or table after you have carried it across, it will still be counted, so do not waste time picking it up. If you toss the blocks without your fingertips crossing the partition, they will not be counted. Before you start, you will have a chance to practice for 15 seconds. Do you have any questions?"



“Place your hands on the sides of the box. When it is time to start, I will say ready and then go.”

Trial period: Start the stop watch at the word go. When 15 seconds has passed, say "stop." If mistakes are made during the practice period, correct them before the actual testing begins.

On completion of the practice period, transport the cubes to the original compartment.

Continued with the following directions:

“This will be the actual test. The instructions are the same. Work as quickly as you can. Ready.” [Wait 3 seconds]

“Go.”

“Stop.” [After 1 minute, count the blocks and record as described above]

“Now you are to do the same thing with your left (or right) hand. First you can practice. Put your hands on the sides of the box as before. Pick up one block at a time with your hand, and drop it on the other side of the box.”

“Ready.” [Wait 3 seconds]

“Go.”

“Stop.” [After 15 seconds]

Return the transported blocks to the compartment as described above.

“This will be the actual test. The instructions are the same. Work as quickly as you can.”

“Ready.” [Wait 3 seconds]

“Go.”

“Stop.” [After 1 minute, count the blocks and record as described above]

Scoring

The score is the number of blocks carried from one compartment to the other in one minute. Score each hand separately.



Anexo 8: Escala de Independencia Funcional (FIM)

**FUNCTIONAL INDEPENDENCE MEASURE™ AND FUNCTIONAL ASSESSMENT MEASURE
Brain Injury**

Scale:

- 7 Complete Independence (timely, safely)
- 6 Modified Independence (extra time, devices)
- 5 Supervision (cuing, coaxing, prompting)
- 4 Minimal Assist (performs 75% or more of task)
- 3 Moderate Assist (performs 50%-74% of task)
- 2 Maximal Assist (performs 25% to 49% of task)
- 1 Total Assist (performs less than 25% of task)

(Patient Stamp)

SELF CARE ITEMS		Adm	Goal	D/C	F/U
1.	Feeding				
2.	Grooming				
3.	Bathing				
4.	Dressing Upper Body				
5.	Dressing Lower Body				
6.	Toileting				
7.	Swallowing*				
SPHINCTER CONTROL					
8.	Bladder Management				
9.	Bowel Management				
MOBILITY ITEMS (Type of Transfer)					
10.	Bed, Chair, Wheelchair _____				
11.	Toilet _____				
12.	Tub or Shower _____				
13.	Car Transfer* _____				
LOCOMOTION					
14.	Walking/Wheelchair (circle)				
15.	Stairs				
16.	Community Access*				
COMMUNICATION ITEMS					
17.	Comprehension-Audio/Visual (circle)				
18.	Expression-Verbal, Non-Verbal (circle)				
19.	Reading*				
20.	Writing*				
21.	Speech Intelligibility*				
PSYCHOSOCIAL ADJUSTMENT					
22.	Social Interaction				
23.	Emotional Status*				
24.	Adjustment to Limitations*				
25.	Employability*				
COGNITIVE FUNCTION					
26.	Problem Solving				
27.	Memory				
28.	Orientation*				
29.	Attention*				
30.	Safety Judgement*				

*FAM items

Admt	Date	D/C	Date	Admt	Date	D/C	Date
RN	_____	_____	_____	ST	_____	_____	_____
PT	_____	_____	_____	PSY	_____	_____	_____
OT	_____	_____	_____	REC	_____	_____	_____



Anexo 9: Diagonales de KABAT



FIGURA 18: DIAGONAL KABAT, MIEMBRO SUPERIOR. POSICIÓN: DECÚBITO LATERAL (33)

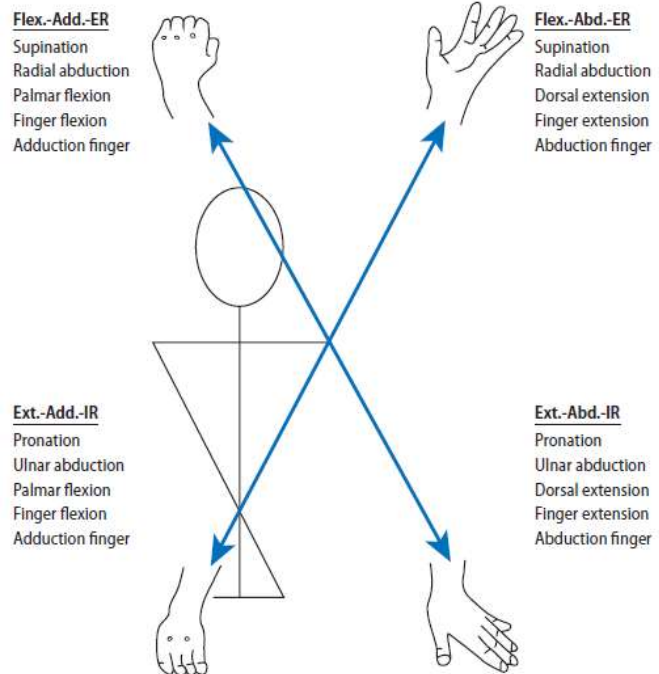


FIGURA 17: DIAGONALES KABAT, MIEMBRO SUPERIOR, CUATRO PATRONES DE MOVIMIENTO (33)



FIGURA 19: DIAGONALES DE KABAT, MIEMBRO SUPERIOR, PATRONES DE MOVIMIENTO. POSICIÓN: DECÚBITO SUPINO (33)



Anexo 10: Ejercicios de fuerza

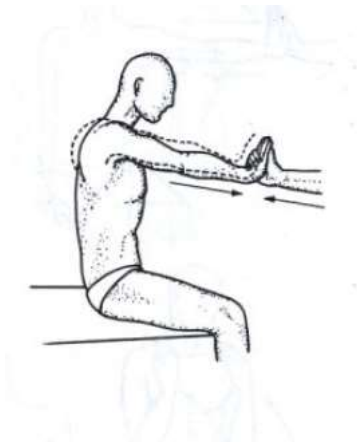


FIGURA 20: EJERCICIO DE FUERZA ISOMÉTRICO



FIGURA 21: EJERCICIO CARGA DE SU PROPIO PESO CON APOYO DEL CODO DEL MIEMBRO AFECTO (36)

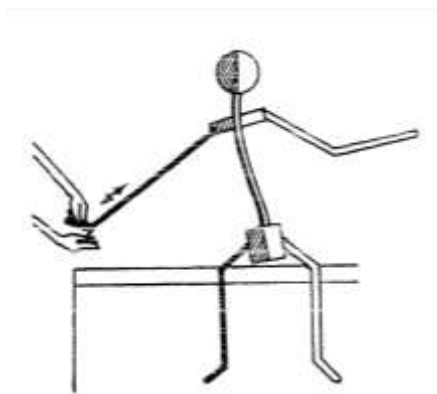


FIGURA 22: EJERCICIO CARGA CON EXTENSIÓN DE CODO Y APOYO PALMAR DEL MIEMBRO AFECTO (37)



A



B

FIGURA 23: TAREA UNIMANUAL CON EL MIEMBRO CONTRALATERAL MIENTRAS MANTIENE LA EXTENSIÓN Y EL APOYO PALMAR DEL MIEMBRO AFECTO. A) INICIO DEL EJERCICIO B) FINAL DEL EJERCICIO (36)



Anexo 11: Ejercicio funcional de la mano y tipos de Pinza/Presa



FIGURA 25: TAREA FUNCIONAL LLENAR UN VASO CON LA ASISTENCIA DEL FISIOTERAPEUTA (4)



FIGURA 24: TAREA FUNCIONAL LLEVAR UN VASO A LA BOCA CON ASISTENCIA DEL FISIOTERAPEUTA (4)

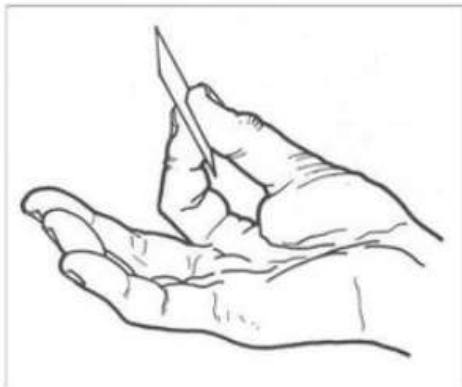


FIGURA 27: PINZA SUBTERMINO – SUBTERMINAL



FIGURA 26: PRESA DIGITO PALMAR (35)



Anexo 12: Tarea manual con el dispositivo Saebo Glove



FIGURA 28: ACTIVIDAD MANUAL CON DADOS REALIZANDO UNA PRESA SUBTERMINO - SUBTERMINAL CON EL DISPOSITIVO SAEBO GLOVE



FIGURA 29: ACTIVIDAD MANAL COGER UN VASO PARA BEBER MEDIANTE UNA PRESA DIGITO PALMAR CON EL DISPOSITIVO SAEBO GLOVE



Anexo 13: Entorno de Realidad virtual, realización de tareas



FIGURA 30: TAREA COGER TAZA DE UNA ESTANERÍA, ENTORNO VIRTUAL COCINA (20)

FIGURA 31: TAREA TOMAR EL DESAYUNO, ENTORNO VIRTUAL COCINA (19)

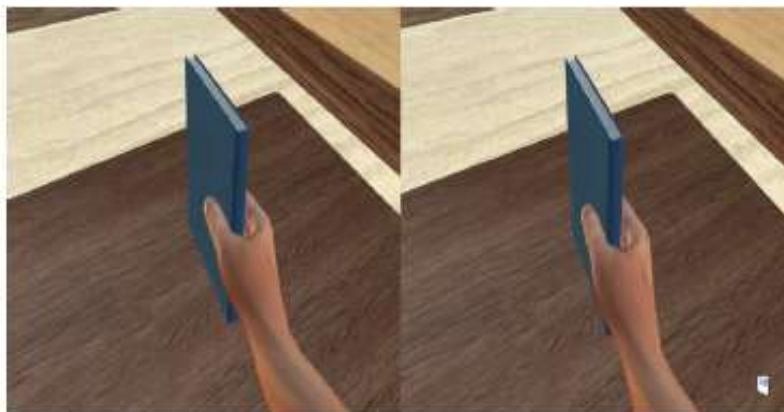


FIGURA 32: TAREA COGER UN LIBRO, ENTORNO HABITACIÓN (29)