



VNIVERSITAT
D VALÈNCIA

Doctorado en Investigación en Psicología

EFICACIA DE UN PROGRAMA DE
REHABILITACIÓN DE LAS FUNCIONES
ATENCIÓNALES MEDIANTE TAREAS
COMPETITIVAS MULTIJUGADOR. ESTUDIO
CLÍNICO, NEUROFISIOLÓGICO Y
NEUROANATÓMICO EN PACIENTES CON
ICTUS

Tesis doctoral

Autora:

María Dolores Navarro Pérez

Directores:

Roberto Llorens Rodríguez

Enrique Noé Sebastián

María Engracia Gadea Domenech

Enero, 2021



VNIVERSITAT
D VALÈNCIA

Doctorado en Investigación en Psicología

EFICACIA DE UN PROGRAMA DE
REHABILITACIÓN DE LAS FUNCIONES
ATENCIÓNALES MEDIANTE TAREAS
COMPETITIVAS MULTIJUGADOR. ESTUDIO
CLÍNICO, NEUROFISIOLÓGICO Y
NEUROANATÓMICO EN PACIENTES CON
ICTUS

Tesis doctoral

Autora:

María Dolores Navarro Pérez

Directores:

Roberto Llorens Rodríguez

Enrique Noé Sebastián

María Engracia Gadea Domenech

Enero, 2021

A mis padres,
por su dedicación incondicional y por inculcarnos el valor de
la constancia, la superación y el esfuerzo, sin los cuales,
esta tesis no hubiera sido posible.

Agradecimientos

La elaboración de esta tesis ha sido supervisada y dirigida por la Dra. Marien Gadea, el Dr. Enrique Noé y el Dr. Roberto Llorens. Ha sido un privilegio contar con vuestra ayuda y apoyo. Muchas gracias por vuestra paciencia, dedicación y consejos.

A Quique, por tu generosidad al compartir esa “mente maravillosa”, por tu cariño y por tu apoyo incondicional. Gracias por hacerme descubrir la investigación de la mano del mejor maestro.

A Joan, por darme la oportunidad de adentrarme en el mundo de la neuropsicología y por la confianza depositada en mí, que me ha permitido crecer personal y profesionalmente. Gracias por todo lo aprendido a tu lado.

A Rober, por hacerme fácil lo difícil, por tu tiempo, por tu dedicación y por acompañarme y guiarme en este largo camino. Gracias por ayudarme a hacer realidad este proyecto, sin ti no hubiera sido posible.

A Clara y a Álex, por su generosa ayuda en el desarrollo del estudio y en la interpretación de los datos.

A todos mis compañeros del Servicio de Neurorrehabilitación por su profesionalidad y por la maravillosa labor que desempeñan cada día. A Amparo, por su apoyo y su amistad durante estos años; y a Carol y a Belén, por ser tan grandes profesionales como personas.

A los pacientes que durante estos años he tenido la oportunidad de atender. Su actitud y su espíritu de superación son una verdadera lección de vida.

A mis hermanos, por ser un ejemplo a seguir y un pilar fundamental en mi vida, a mis amigos por los momentos vividos y a Jose, por compartir ese enorme corazón conmigo.

Gracias también a todos aquellos que, de alguna manera, habéis hecho posible que este proyecto sea una realidad.

Resumen

Pese a que los déficits atencionales son una de las secuelas más comunes tras un ictus, sólo unos pocos estudios han investigado la efectividad de intervenciones específicamente destinadas a la rehabilitación de estos déficits, bien con ejercicios individuales convencionales o interactivos, en sujetos con problemas atencionales conocidos. El presente trabajo investiga la efectividad clínica y el nivel de motivación, además de la influencia de los rasgos competitivos de los participantes, de una intervención grupal sobre los déficits atencionales post-ictus. Esta intervención combina ejercicios convencionales y ejercicios gamificados interactivos administrados a través de un sistema multitáctil, bien de forma competitiva o no competitiva. Además, este trabajo explora los efectos neurofisiológicos y neuroanatómicos de la intervención competitiva. Los resultados de este trabajo evidencian que la intervención competitiva proporcionó mayores beneficios que la intervención no competitiva en todas las habilidades cognitivas investigadas, a excepción de la atención dividida, además de un mayor grado de motivación. Interesantemente, estos efectos no estuvieron moderados por los rasgos competitivos, lo cual sustenta la aplicabilidad de esta intervención. La exploración neurofisiológica de los efectos de la intervención competitiva mostró una estabilización de la amplitud y una reducción no significativa de la latencia del potencial evocado P3 tras la intervención, lo cual apuntaría a un uso más efectivo de los recursos atencionales disponibles. El estudio neuroanatómico de estos efectos evidenció un mantenimiento del volumen de sustancia gris y blanca, un aumento del tálamo y un incremento no significativo del hipocampo derecho, estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento atencional y en la conducta motivada. Estos cambios podrían constituir un correlato morfológico de la mejoría conductual observada. Los hallazgos de este trabajo apoyan la validez clínica de la intervención diseñada, la cual podría constituir una alternativa eficaz y motivante para el tratamiento de los déficits atencionales tras un ictus.

Índice de contenido

Agradecimientos	7
Resumen	9
Índice de contenido	11
Índice de tablas	15
Índice de figuras	17
1. Introducción	19
1.1. Atención.....	21
1.1.1. Definición	21
1.1.2. Modelos atencionales.....	22
1.1.2.1. Modelos basados en atención selectiva auditiva.....	23
1.1.2.2. Modelos basados en atención selectiva visuoespacial	26
1.1.2.3. Modelos teóricos basados en atención dividida	29
1.1.2.4. Modelos clínicos	32
1.1.3. Procesos atencionales	36
1.1.3.1. Alerta.....	36
1.1.3.2. Atención focalizada	37
1.1.3.3. Atención sostenida	38
1.1.3.4. Atención selectiva	38
1.1.3.5. Atención alternante	41
1.1.3.6. Atención dividida.....	41
1.2. Bases neurales de la atención	42
1.2.1. Hallazgos en pruebas neurofisiológicas.....	43
1.2.2. Hallazgos en pruebas de neuroimagen	48
1.3. Ictus	56
1.3.1. Definición	56
1.3.2. Epidemiología	58
1.3.3. Efectos en la atención	60
1.4. Rehabilitación neuropsicológica	66
1.4.1. Descripción general	66
1.4.2. Rehabilitación de la atención.....	69
1.4.2.1. Herramientas convencionales.....	71
1.4.2.2. Herramientas tecnológicas	75
1.5. Motivación.....	80
1.5.1. Definición	80
1.5.2. Motivación y daño cerebral	82
1.5.3. Patogénesis	84
1.5.4. Motivación y neurorrehabilitación	85

1.6. Limitaciones	91
1.7. Hipótesis y objetivos	93
1.7.1. Hipótesis	93
1.7.1.1. Hipótesis principal.....	93
1.7.1.2. Hipótesis secundarias.....	93
1.7.2. Objetivos.....	93
1.7.2.1. Objetivo principal.....	94
1.7.2.2. Objetivos secundarios.....	94
2. Materiales y métodos.....	95
2.1. Participantes	97
2.1.1. Criterios de participación.....	97
2.1.2. Consideraciones éticas.....	99
2.2. Instrumentación	99
2.2.1. Herramientas de intervención.....	99
2.2.1.1. Ejercicios gamificados.....	99
2.2.1.1.1. Maratón.....	103
2.2.1.1.2. Ciclismo	103
2.2.1.1.3. Tenis.....	104
2.2.1.1.4. Público	105
2.2.1.1.5. Rugby	106
2.2.1.1.6. Fútbol.....	106
2.2.1.1.7. Duatlón.....	107
2.2.1.1.8. Triatlón	108
2.2.1.2. Ejercicios convencionales	108
2.2.2. Herramientas de valoración.....	109
2.2.2.1. Habilidades cognitivas	109
2.2.2.1.1. Conners Continuous Performance Test-II	109
2.2.2.1.2. D2 Test of Attention.....	109
2.2.2.1.3. Color Trail Test.....	110
2.2.2.1.4. Digit Span.....	111
2.2.2.1.5. Spatial Span	111
2.2.2.2. Motivación	112
2.2.2.2.1. Intrinsic Motivation Inventory	112
2.2.2.3. Competitividad.....	113
2.2.2.3.1. Inventario de Competitividad.....	113
2.2.2.4. Potenciales evocados.....	113
2.2.2.5. Morfología cerebral	115
2.3. Procedimiento.....	116
2.3.1. Protocolo de intervención	116
2.3.1.1. Intervención no competitiva.....	117
2.3.1.2. Intervención competitiva	118

2.3.2. Protocolo de valoración	118
2.3.2.1. Habilidades cognitivas	119
2.3.2.2. Motivación	120
2.3.2.3. Competitividad.....	120
2.3.2.4. Potenciales evocados.....	120
2.3.2.5. Morfología cerebral	122
2.4. Análisis de los datos.....	123
2.4.1. Análisis estadístico	123
2.4.2. Análisis neurofisiológico	124
2.4.3. Análisis neuroanatómico.....	126
3. Resultados	127
3.1. Participantes	129
3.2. Habilidades cognitivas	132
3.3. Motivación.....	133
3.4. Competitividad	134
3.5. Potenciales evocados.....	135
3.6. Morfología cerebral.....	137
4. Discusión.....	141
4.1. Resumen	143
4.2. Habilidades cognitivas	145
4.3. Motivación.....	148
4.4. Competitividad	150
4.5. Potenciales evocados	151
4.6. Morfología cerebral.....	153
4.7. Limitaciones	158
5. Conclusiones.....	161
Bibliografía	165
Anexos.....	213
Anexo I. Herramientas de intervención	215
Anexo I.1. Ejercicios gamificados	215
Anexo I.2. Ejercicios convencionales.....	218
Anexo II. Herramientas de valoración	227
Anexo II.1. Habilidades cognitivas	227
D2 Test of Attention.....	228
Color Trail Test	229
Digit Span.....	233
Spatial Span	234
Anexo II.2. Motivación.....	235
Intrinsic Motivation Inventory	235
Anexo II.3. Competitividad.....	237
Inventario de Competitividad.....	237

Anexo III. Resultados	238
Anexo III.1. Potenciales evocados	238
Anexo III.2. Morfología cerebral.....	239
Méritos	241
Revistas	243
Libros	243
Congresos internacionales	244
Congresos nacionales	244

Índice de tablas

Tabla 1. Modelo clínico de la atención.....	62
Tabla 2. Habilidades cognitivas consideradas en el estudio.....	120
Tabla 3. Características de los participantes en el estudio de efectividad clínica, experiencia de usuario e influencia de la competitividad	131
Tabla 4. Efecto de la intervención en las habilidades cognitivas	133
Tabla 5. Efecto de la intervención en la motivación.....	134
Tabla 6. Características de los participantes en el estudio neurofisiológico.....	136
Tabla 7. Efecto de la intervención competitiva en el desempeño en la tarea <i>oddball</i> del examen neurofisiológico	137
Tabla 8. Efectos neurofisiológicos de la intervención competitiva.....	137
Tabla 9. Características de los participantes en el estudio neuroanatómico	138
Tabla 10. Efecto de la intervención competitiva en el volumen total de sustancia gris y blanca.....	139
Tabla 11. Efecto de la intervención competitiva en el volumen de las estructuras de interés.....	139

Índice de figuras

Figura 1. Modelo de recursos centrales de Kahneman.....	30
Figura 2. Modelo de recursos múltiples de Wickens	31
Figura 3. Modelo clínico de Mesulam.....	33
Figura 4. Componentes del potencial evocado.....	45
Figura 5. Potencial P3 registrado en Pz obtenido en un sujeto sano.....	46
Figura 6. Modelo atencional de Heilman	50
Figura 7. Áreas activas para las tres redes atencionales	52
Figura 8. Entidades clínicas tras una lesión cerebral.....	63
Figura 9. Circuito cerebral motivacional	84
Figura 10. Teoría del flujo.....	88
Figura 11. Diferentes vistas del sistema multitáctil	100
Figura 12. Área de interacción y disposición de los participantes	101
Figura 13. Captura de la ceremonia de pódium y pista de atletismo.....	102
Figura 14. Captura del ejercicio Maratón	103
Figura 15. Captura del ejercicio Ciclismo.....	104
Figura 16. Captura del ejercicio Tenis	105
Figura 17. Captura del ejercicio Público.....	105
Figura 18. Captura del ejercicio Rugby.....	106
Figura 19. Captura del ejercicio Fútbol	107
Figura 20. Captura del ejercicio Duatlón	107
Figura 21. Captura del ejercicio Triatlón.....	108
Figura 22. Estímulos relevantes del D2 Test of Attention	110
Figura 23. Equipo de adquisición de la señal electroencefalográfica	114
Figura 24. Estímulos empleados en el paradigma <i>oddball</i>	115
Figura 25. Equipo de adquisición de neuroimagen.....	116
Figura 26. Diagrama del protocolo de valoración del estudio	119
Figura 27. Configuración de los electrodos para el registro encefalográfico.....	121
Figura 28. Adquisición de la secuencia anatómica de neuroimagen.....	123
Figura 29. Diagrama de flujo de la declaración CONSORT.....	130
Figura 30. Participación en las distintas exploraciones del estudio	131

1. Introducción

Capítulo 1

Introducción

1.1. Atención

1.1.1. Definición

La atención es un constructo multifacético para el que no existe una definición estandarizada. Alerta, concentración, vigilancia, selección, orientación, control y esfuerzo son algunas de las ideas que surgen a la hora de definir este término. William James fue el primero en proponer que la atención podía contener múltiples variedades haciendo referencia a los distintos componentes, fenómenos, procesos y dominios relacionados con este concepto (Schmidgen, 2000). La atención se encarga de seleccionar entre todos los estímulos que alcanzan nuestros receptores sensoriales, la información que es relevante para la situación y que nos va a permitir desempeñar una acción o lograr una meta de manera eficiente. Tudela la define como un mecanismo central de capacidad limitada cuya función primordial es controlar y orientar la actividad consciente del organismo de acuerdo con un objetivo determinado (Tudela, 1992).

La atención juega un papel esencial en el correcto funcionamiento cognitivo interaccionando con otros procesos como la percepción, la

memoria, la planificación y la toma de decisiones. Es, sin duda, uno de los procesos cognitivos con mayor implicación funcional ya que está presente en la mayoría de nuestras actividades cotidianas. Funcionalmente podemos encontrar procesos atencionales relativamente sencillos como es el nivel de alerta o la concentración y otros de mayor complejidad como son la selección de estímulos, la capacidad de atender a varias tareas de forma simultánea, la inhibición de distractores o la habilidad para adecuarse a las demandas temporales de las tareas. Asimismo, dentro de los procesos atencionales podemos distinguir un componente automático, que corresponde por ejemplo a la reacción ante un estímulo novedoso o inesperado y un componente más controlado en el que intervienen otros factores como la motivación y la experiencia. A nivel anatómico, los datos clínicos derivados de los síndromes neuropsicológicos y los estudios de neuroimagen funcional afirman que la atención es la expresión funcional resultante de la actividad sináptica en distintas localizaciones neuroanatómicas conectadas a través de redes funcionales en las que intervienen diversos neurotransmisores. De ahí que las alteraciones atencionales sean uno de los déficits cognitivos más prevalentemente asociados a cualquier enfermedad neurológica.

1.1.2. Modelos atencionales

De igual forma que no existe una definición estandarizada para el término atención, tampoco existe una postura teórica integradora. La literatura ofrece numerosos modelos teóricos y clínicos que abordan el estudio de los diversos aspectos, dominios o procesos atencionales desde una perspectiva descriptiva y/o comprensiva. En la mayoría de los modelos teóricos, se asume que nuestro sistema cognitivo posee una capacidad limitada, y sus investigaciones se basan en el estudio de la atención selectiva y dividida en diferentes modalidades sensoriales (auditivas y visuales mayoritariamente). Se han propuesto diversas metáforas para referirse a la atención en función de los componentes o las dimensiones a estudio. Encontramos modelos que conciben la atención como un filtro rígido (Abercrombie, 1966) o atenuado (Treisman, 1960); modelos que haciendo referencia a su capacidad limitada entienden la atención como un recurso central (Egeth & Kahneman, 1975) o como recursos múltiples (Navon & Gopher, 1979); y modelos que, basados en la atención visual,

definen la atención como un foco o haz de luz (Michael I. Posner & Boies, 1971). Algunos se centran en la distinción entre los procesos controlados y los automáticos (Canella et al., 2009; Shiffrin & Schneider, 1977) y otros se basan en los datos obtenidos a partir de la experiencia clínica y la neuropsicología (LaBerge, 1983; M. M. Mesulam, 1998; Michael I. Posner & Boies, 1971; Sohlberg & Mateer, 1987).

Para ofrecer una visión general de los diversos abordajes y facilitar su comprensión en esta revisión, comenzaremos analizando los modelos teóricos basados en la atención selectiva auditiva y visuoespacial. A continuación, analizamos los basados en la atención dividida y concluimos con los principales modelos clínicos empleados en el campo de la neuropsicología.

1.1.2.1. Modelos basados en atención selectiva auditiva

Durante los años 50 el estudio de los procesos atencionales se centró en la atención auditiva a partir del desarrollo del paradigma de escucha dicótica a manos de Cherry (Cherry, 1953). La escucha dicótica consiste en el envío de un mensaje que debe ser repetido en voz alta a uno de los oídos mientras que se ignora un segundo mensaje que es enviado al oído contrario. En base a este paradigma, en la década de los 60 surgen los denominados “modelos de filtro o estructurales” que se basan en dos principios básicos: la capacidad limitada del sistema cognitivo y el concepto de atención como un proceso selectivo. Nuestro sistema cognitivo posee una capacidad limitada que le permite procesar sólo una parte de la información presente en cada momento. Por tanto, debe existir un mecanismo o filtro que regule la entrada de los estímulos sensoriales, seleccione la información relevante y evite así la saturación o sobrecarga del sistema. En función de en qué momento del procesamiento de la información se produce esta selección encontramos dos vertientes: las teorías de selección temprana o modelos precategoriales y los modelos de filtro tardío o postcategoriales.

Según las teorías de selección temprana, existe un procesamiento elemental de las características físicas del estímulo antes de pasar el filtro y un procesamiento semántico una vez superado el filtro. Es decir, la

comprensión tiene lugar una vez el mensaje ha sido seleccionado y ha pasado el filtro. Los máximos representantes de estas teorías son el modelo de filtro rígido de Broadbent (Abercrombie, 1966) y el modelo de filtro atenuado de Treisman (Treisman, 1960).

Broadbent propuso uno de los modelos más conocidos, el modelo atencional de filtro rígido, en base a la teoría multialmacén que divide la memoria en tres estructuras: memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo (Abercrombie, 1966). Funcionalmente, los mensajes que llegan simultáneamente a los receptores sensoriales son transferidos a la memoria a corto plazo donde son procesados de forma superficial en paralelo. El sistema debe seleccionar entonces qué estímulos van a ser procesados en profundidad y de forma seriada en este canal de capacidad limitada y cuáles van a ser desechados. Únicamente la información que ha pasado el filtro puede llegar al almacén a largo plazo, para convertirse en nuevos aprendizajes. En los experimentos con tareas de escucha dicótica los sujetos repetían en voz alta en base al origen espacial de los mensajes, es decir, en función de hacia donde tenían dirigida su atención. Esta observación confirmaba la importancia de los atributos físicos (el origen espacial del mensaje) en detrimento de otros factores como la secuencia cronológica y sugiere un procesamiento serial de la información a través de un canal de capacidad limitada donde la selección se produce en los estadios iniciales. Sin embargo, en estudios posteriores en los que el mensaje combinaba palabras y letras, la repetición estuvo condicionada no por la localización espacial sino por el significado, lo que parece indicar que la selección puede estar determinada por otros aspectos más allá de las características físicas del mensaje. Allport y colaboradores combinaron fragmentos de textos con el aprendizaje de palabras presentadas de forma auditiva, demostrando que la memorización resultaba más efectiva cuando la presentación oral se combinaba con la visual (Allport et al., 1972). Por tanto, la limitación del procesamiento de estímulos simultáneos no resulta tan rígida como apuntaba Broadbent.

Anne Treisman propuso un modelo alternativo denominado filtro atenuado en el que el mensaje no atendido no es desechado, sino que es procesado de manera secundaria (Treisman, 1960). El procesamiento de la información se produce en dos niveles: un filtro acústico basado en las

características físicas del mensaje (intensidad, tonalidad, posición, etc.), donde se realiza una primera selección, y el sistema de reconocimiento en la memoria a largo plazo, en el que se producirá un procesamiento en mayor profundidad (semántico). Se trata de un filtro más flexible que, a modo de atenuador, nos permite procesar los elementos no atendidos que alcancen la suficiente activación.

Por otro lado, las teorías de filtro tardío postulan que la selección se produce sólo después de que el mensaje haya sido procesado suficientemente para permitir al sujeto determinar su posible relación con otros mensajes. Este procesamiento va más allá de las características o atributos físicos y tiene en cuenta aspectos que implican cierto grado de análisis semántico. Si un estímulo ha sido seleccionado entre un grupo, ha debido haber algún grado de análisis o procesamiento previo, aunque sea automático, pasivo o inconsciente. En esta línea, el modelo de Deutsch y Deutsch se caracteriza por presentar un procesamiento de la información en diferentes etapas (Deutsch & Deutsch, 1963). Los estímulos procedentes del exterior que llegan a los órganos sensoriales son almacenados momentáneamente en la memoria sensorial, donde la información es analizada en paralelo por el sistema que extrae las características más relevantes de los estímulos antes de que el filtro realice la selección. Sólo los estímulos seleccionados por el filtro son percibidos por el sujeto. Funcionalmente equivale al procesador o canal central propuesto por Broadbent, sólo que es capaz de analizar varios mensajes simultáneamente. Respecto al modelo anterior, Norman incluye la existencia de un mecanismo de análisis adicional llamado “dispositivo de pertinencia” que tiene en cuenta las expectativas y motivaciones del sujeto (Norman, 1968). A lo largo del proceso se asigna un valor a cada estímulo y sólo las señales con un elevado nivel de pertinencia son procesadas en profundidad. Una vez realizado este doble análisis, el filtro selecciona los estímulos más relevantes, momento en el cual el estímulo es percibido conscientemente por el sujeto. De este modo, los elementos no relevantes pueden ser descartados en distintos momentos del procesamiento. Así, la idea de cuello de botella rígido es sustituida por la de un mecanismo funcional que actúa continuamente en base a las demandas y las restricciones que se le imponen.

Finalmente, el modelo de Neisser introduce el concepto de esquema, una estructura que permite al sujeto mostrar y seleccionar dentro del entorno la información relevante para la acción actual, uniendo expectativas con experiencias pasadas. Además es modificable a través de la experiencia para ser más eficiente en las sucesivas exposiciones (Mayzner & Neisser, 1977). Superando los modelos anteriores basados en el filtro atencional, este modelo integra las expectativas del sujeto, las experiencias pasadas y el aprendizaje. De alguna manera, estos dos tipos de modelos pueden ser complementarios, ya que la teoría del filtro describe estructuras desencadenadas por esquemas. En combinación, estas dos corrientes teóricas ofrecen una visión más exhaustiva de la atención: los esquemas determinan porqué algo es seleccionado y los filtros describen qué ocurre durante el proceso y las restricciones que presenta el análisis de la diversidad de señales del entorno.

1.1.2.2. Modelos basados en atención selectiva visuoespacial

Centrándonos en otra modalidad sensitiva, la metáfora del foco se ha empleado para ilustrar aspectos específicos de la atención espacial, haciendo hincapié en la importancia de la posición de los estímulos en nuestro campo visual para su procesamiento. Los modelos de foco de luz, que surgen a partir de las investigaciones de Eriksen y Eriksen (B. A. Eriksen & Eriksen, 1974) y Posner (Michael I. Posner, 2012), consideran que la atención visual es comparable a un haz de luz con una determinada intensidad que enfoca a diferentes posiciones del espacio, amplificando el procesamiento de los estímulos que se encuentran bajo este foco. Es esperable que el tiempo requerido para detectar un estímulo sea más corto si el estímulo se encuentra en el haz atencional que si se encuentra fuera. Eriksen y St. James defendieron la idea de que el concepto de *zoom* resultaba más apropiado por ser más flexible, surgiendo así los modelos de lente de zoom (C. W. Eriksen & St. James, 1986). Así el tamaño del haz de luz guarda una relación inversamente proporcional a la intensidad del procesamiento. Es decir, cuanto menor sea el tamaño del área atendida, con mayor intensidad se procesarán los estímulos. Investigaciones posteriores demostraron que la amplitud de este foco también varía de una situación a otra dependiendo de los requerimientos de la tarea, que no

todos los estímulos ubicados en ese foco son atendidos con la misma intensidad y que es posible atender estímulos que se encuentren fuera de ese foco (Podgorny & Shepard, 1983; Wurtz et al., 1982).

Distintas teorías atencionales han estudiado la forma y la divisibilidad del foco y han analizado cómo el movimiento y la intensidad del foco son regulados y mantenidos. En primer lugar, se plantea si la intensidad del procesamiento es uniforme en toda la extensión del foco. La atención es un sistema encargado de facilitar el procesamiento de los estímulos situados en una escena determinada, pero sin límites definidos. Henderson y colaboradores demostraron la existencia de un pico atencional en el centro del área focal, con una disminución continua a medida que se aleja y se va hacia la periferia (Henderson & Macquistan, 1993). Respecto a la forma del haz de luz, tenemos tendencia a imaginar el foco de forma redonda u ovalada. Sin embargo, los estímulos que se nos presentan en el ambiente no suelen ajustarse a esta forma. Por tanto, parece lógico pensar que el foco atencional puede adaptarse a formas diferentes e irregulares (C. W. Eriksen & St. James, 1986; Podgorny & Shepard, 1983). Además, existe una adaptabilidad entre el foco atencional y los requerimientos de la tarea, confirmada en los estudios sobre la atención local y global (Navon, 1977; Navon & Gopher, 1979). Navon afirmó que el procesamiento de estímulos jerarquizados se lleva a cabo considerando los estímulos de una manera global, procesando después sus elementos constitutivos de una manera local (Navon, 1977, 1985). Sin embargo, un estudio posterior demostró que esta prioridad del procesamiento global sobre el local puede invertirse si existe una orientación preferencial de la atención (Kinchla et al., 1983). Diversas investigaciones señalan la existencia de una dominancia hemisférica izquierda hacia la atención local y derecha hacia la global, en consonancia con la sintomatología derivada de distintas situaciones clínicas como el síndrome de negligencia unilateral (L. C. Robertson & Lamb, 1991; Sergent, 1982). Respecto a la divisibilidad del foco atencional, Shaw y colaboradores afirmaron que es posible atender visualmente de forma simultánea a dos zonas separadas espacialmente, mientras se ignora los estímulos situados entre ellas (Shaw & Shaw, 1977). Sin embargo, otros datos sugirieron que más que una división, lo que se produce es un desplazamiento del foco atencional de un lugar a otro y que los

movimientos atencionales se realizan de forma discreta, a saltos, sin pasar por todos los puntos intermedios, empleando para ello el mismo tiempo independientemente de la longitud del salto (Michael I. Posner et al., 1980). Investigaciones más recientes con tareas de búsqueda visual apoyan la divisibilidad del foco atencional, aunque sólo ante ciertas circunstancias en que los estímulos separados espacialmente se encuentran cada uno en un campo visual hemisférico diferente (Bichot et al., 1999). Si los estímulos se encuentran en el mismo campo visual no es posible la discriminación y, por tanto, tampoco la divisibilidad atencional. Kramer y colaboradores demostraron que cuando aparecen estímulos distractores entre los dos focos de forma repentina, éstos impiden que se produzca la división atencional (Kramer & Hahn, 1995).

Tal y como hemos visto, este haz de luz es móvil a través del movimiento de la cabeza, de los ojos e incluso del tronco y eso nos permite dirigir la atención preferentemente hacia algunos elementos en detrimento de otros. El estudio de la atención encubierta en la modalidad visual diseñado por Posner y colaboradores demostró claramente el beneficio de una clave válida y el coste de una clave errónea comparativamente con una situación neutra (Diéguez & Añiguez, 2011; M. I. Posner, 1980). Es decir, el tiempo de reacción ante la clave válida se reduce, ya que el foco atencional está preorientado hacia el lugar donde aparecerá el objetivo. Estos hallazgos, junto a las características clínicas observadas en determinadas patologías, llevan a la distinción de tres mecanismos que subyacen a la orientación interna de la atención (M I Posner & Petersen, 1990): un desenganche atencional desde el punto actual de focalización, un desplazamiento atencional hacia otras localizaciones espaciales donde debe procesarse la información y el enganche o focalización atencional en un nuevo punto de anclaje que nos permita mantener la atención en él. Sin embargo, a la manifestación externa de la orientación visual, un fenómeno perceptible y objetivable, se le añaden mecanismos internos de desplazamiento de la atención que no se traducen en conductas motoras específicas o en el reflejo de orientación. De hecho, en algunas circunstancias, la atención puede centrarse en una fuente diferente hacia la que los ojos están dirigidos o, por el contrario, también puede ocurrir que la atención se mueva en dirección contraria a la de los ojos, o incluso

que, sin que haya ningún tipo de movimiento atencional, se produzcan movimientos oculares (Wurtz et al., 1982).

1.1.2.3. Modelos teóricos basados en atención dividida

En los años 70 surgen los modelos de capacidad limitada, que dejan a un lado el estudio de la atención selectiva y la idea de filtro atencional para centrarse en el estudio de la atención dividida empleando para ello tareas duales. La idea de capacidad o recursos atencionales juega un papel esencial para la comprensión de los mecanismos que permiten el desarrollo de dos o más tareas simultáneas. La capacidad se corresponde con todos los recursos disponibles para un sujeto en un momento determinado, y estos recursos son limitados (Norman & Bobrow, 1975). Cuando nos enfrentamos a más de una tarea, los recursos atencionales disponibles por el sujeto han de ser distribuidos entre ellas. Si al distribuirlos no hay recursos suficientes para atender a las demandas, se producirá un efecto denominado interferencia, que afectará a la eficiencia con la que se realizan las tareas. Las principales teorías que permiten explicar la capacidad del sujeto para dividir o compartir su atención entre dos o más tareas son la teoría de recursos inespecíficos y la teoría de los recursos múltiples.

Según los modelos de recursos inespecíficos, el sistema cognitivo dispone de una única reserva de recursos para repartir de manera flexible e inespecífica entre las tareas. Sólo cuando la demanda de las tareas supere los recursos disponibles se producirá la interferencia de una tarea sobre otra. Como representante de esta idea tenemos el modelo de Kahneman, que tiene en cuenta los aspectos intensivos de la atención y pone el énfasis en la capacidad de procesamiento, la cual es controlada por la dificultad de la tarea (Egeth & Kahneman, 1975). La atención es un proceso dinámico central que evalúa constantemente las necesidades derivadas de la ejecución de tareas y varía en función del esfuerzo mental que requiere la actividad, las capacidades del sujeto (recursos disponibles), la motivación y el interés (Figura 1). Siguiendo esta línea el modelo de capacidades diversas de Norman y Bobrow añade al modelo anterior la idea de que la atención puede estar limitada no sólo por la cantidad de recursos sino también por los datos (Norman & Bobrow, 1975). Además,

introduce el principio de complementariedad de manera que las demandas de una tarea se suman a las de otras. Por tanto, los recursos disponibles para una tarea son el resultado de la disminución de los recursos de la otra tarea. Según este modelo, el entrenamiento produce un efecto sobre los recursos, ya que facilita la automatización de los procesos que requerirán por tanto menos ejecución consciente y un menor gasto de recursos.

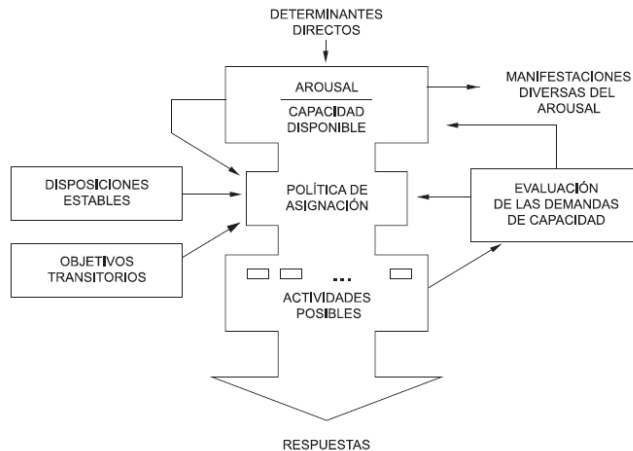


Figura 1. Modelo de recursos centrales de Kahneman

Para los modelos de recursos múltiples, el sistema cognitivo dispone de varias reservas o depósitos específicos de recursos que son utilizados diferencialmente en función de los requerimientos de la tarea. Estos modelos no se basan únicamente en la cantidad de recursos, sino también en el tipo de recursos disponibles. Si una segunda tarea interfiere en el rendimiento de la primera, es porque ambas tareas dependen del mismo recurso atencional. Por el contrario, si ambas tareas pueden desarrollarse con la misma eficiencia que si las desempeñáramos de forma separada, puede concluirse que no dependen del mismo recurso atencional, o bien se encuentran más limitados por los datos que por los recursos (Allport et al., 1972). Cuando dos tareas dependen del mismo recurso atencional, el desempeño o eficiencia de una tarea depende de los recursos asignados por el sujeto a dicha tarea. Navon y Gopher defienden que la atención es un conjunto de recursos múltiples y que cada tipo de tarea implica unos recursos específicos (Navon & Gopher, 1979). Así, la interferencia entre dos tareas se producirá cuando, a consecuencia de las demandas de alguna

de ellas, se sature alguno de los subsistemas o depósitos específicos de recursos, a pesar de que pueda haber recursos alternativos en otro subsistema. Posteriormente, Wickens elabora un esquema con cuatro dimensiones dicotómicas para explicar la clasificación de los recursos cognitivos que pueden ser definidos (Folk et al., 1994). Dichas dimensiones incluyen el estadio o fase de procesamiento (perceptivo-central o de respuesta), el código de procesamiento utilizado (espacio o verbal), la modalidad de estímulo sensitivo (visual o auditivo), y el tipo de respuesta (manual o vocal) (Figura 2). La importancia de esta clasificación radica en su capacidad para predecir la posible de interferencia en aquellas tareas que son ejecutadas simultáneamente en base a los valores comunes que las tareas poseen en cada una de las dimensiones. Este modelo fue rápidamente criticado por sus escasas posibilidades de aplicación práctica debido a la existencia de múltiples dominios que no fueron contemplados.

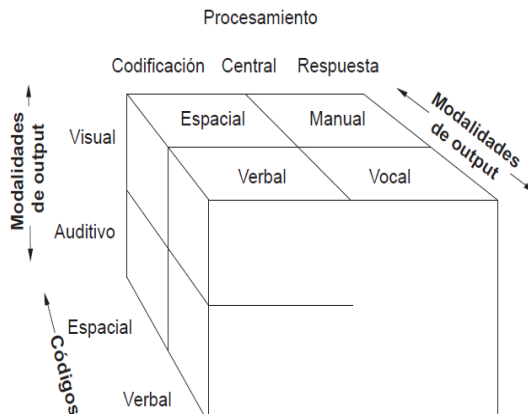


Figura 2. Modelo de recursos múltiples de Wickens

Como explicación alternativa a estos modelos anteriores, Navon señaló que dos tareas pueden influirse recíprocamente por diversas razones, y no sólo por los recursos de los que dependen (Navon, 1985). Según este autor, las tareas son difíciles de realizar de forma conjunta no porque dependan de una misma fuente, sino porque interfieren la una con la otra al nivel de los mecanismos de procesamiento. Las interferencias entre tareas dependen de lo que el autor describe como la dificultad en hacer transiciones no habituales. Cuando un determinado elemento se dirige sistemáticamente a la misma respuesta, se forma un tránsito preferente de

información en el sistema nervioso que, una vez establecido, facilita el procesamiento de la información. Sin embargo, cuando la situación requiere que el sujeto contemple respuestas nuevas, esta unión requiere transiciones no habituales que enlentecen el proceso. Este punto de vista es afín al concepto de esquema de Neisser (Mayzner & Neisser, 1977) y al modelo desarrollado por Shallice (T. Shallice, 1982), contemplando la distinción entre procesos atencionales automáticos y controlados.

Por último el modelo teórico de Shiffrin fue elaborado desde diferentes paradigmas basados en el reconocimiento de elementos almacenados en la memoria a corto plazo, distinguiendo entre un procesamiento automático y otro controlado (Shiffrin & Schneider, 1977). Cuando un sujeto se enfrenta a una tarea relativamente nueva debe poner en marcha diferentes fuentes de procesamiento que, a través de la práctica, se traducirán en un modo más automático de funcionamiento, que requerirá el uso de menos recursos y mejorará la ejecución. Esta automatización depende de los requerimientos propios de la tarea, pero también de las características inter e intraindividuales. En esta línea, Norman y Shallice definen el denominado sistema atencional supervisor. Para dichos autores, en el control del comportamiento se ven implicados dos sistemas: la agenda de contención y el sistema atencional supervisor (Canella et al., 2009). La agenda de contención se encarga de generar los comportamientos rutinarios, mientras que el sistema atencional supervisor entra en juego en situaciones novedosas, difíciles o peligrosas, cuando se necesita algún tipo de planificación o resolución de conflictos, cuando es necesario inhibir una conducta muy frecuente o cuando se producen errores. Esta estructura ejerce el control al activar directamente determinados esquemas o mediante la construcción e implementación de esquemas temporales ajustados a las demandas de la situación que nos permiten afrontar de forma más eficiente la situación.

1.1.2.4. Modelos clínicos

El estudio de casos clínicos provenientes del ámbito de la neuropsicología y de las pruebas de neuroimagen funcional han dado lugar a diversos modelos clínicos que abordan la problemática atencional. A continuación, se recogen los modelos clínicos más relevantes desarrollados a manos de

autores como Mesulam, Solhberg & Mateer, Posner, Mirsky, Laberge, Miller y Corbetta & Shulman.

En primer lugar, el modelo de Mesulam propone la existencia de una red atencional altamente organizada e interconectada constituida por distintos componentes sensoriales y motores (M. Mesulam, 1981, 1990, 1999). Esta red contaría con tres componentes corticales: la corteza parietal posterior dorsolateral, que suministra una representación sensorial del espacio extrapersonal; la corteza prefrontal, responsable de la representación de los movimientos de orientación y exploración; y el giro cingulado, encargado de los aspectos motivacionales. Estos tres componentes recibirían proyecciones tronco-encefálicas y talámicas del sistema reticular que permitirán modificar el nivel de alerta o *arousal*¹ en cada una de estas regiones (Figura 3).

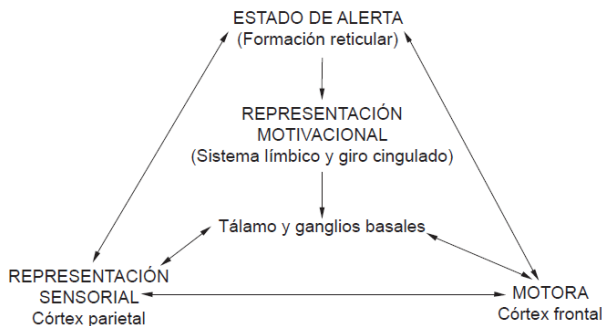


Figura 3. Modelo clínico de Mesulam

Según este modelo, la atención va a depender de la interacción de dos subsistemas funcionales: la matriz y el vector atencional. La matriz atencional mantiene un estado funcional y está formada por aquellas estructuras cerebrales que se encargan del procesamiento de la información, la eficiencia en la detección de estímulos, la capacidad de focalización, la resistencia a la interferencia y la relación señal-ruido. Todas estas funciones están relacionadas con la alerta tónica e influenciadas por el sistema de activación reticular ascendente. Por su parte, el vector atencional regula la dirección y el objeto de la atención en las áreas

¹ El concepto de nivel de alerta o *arousal* se explica con mayor profundidad en la siguiente sección.

relevantes del espacio o del entorno. Éste se encuentra vinculado a la atención selectiva y a los componentes más corticales del sistema.

Por su parte, Sohlberg y Mateer elaboraron un modelo clínico con el fin de evaluar los diversos dominios atencionales (Sohlberg & Mateer, 1987, 1989). Se trata de un modelo jerárquico en el que cada nivel requiere del correcto funcionamiento del nivel anterior y que asume que cada componente es más complejo que el que le precede. Los autores proponen seis dominios atencionales que incluyen *arousal*, atención focal, sostenida, selectiva, alternante y dividida; todos ellos se explican detalladamente en la siguiente sección.

Michael Posner, a partir de sus investigaciones centradas en el componente visual, analizó el funcionamiento de los procesos atencionales desde un punto de vista fisiológico y anatómico. Desarrolló un modelo atencional que incluye tres redes independientes pero altamente conectadas (Michael I. Posner & Dehaene, 1994; Michael I. Posner & Petersen, 1990; Michael I. Posner & Rothbart, 2007). En primer lugar, la red de vigilancia o alerta aporta la activación psicofisiológica necesaria para la detección rápida del estímulo esperado, lo cual se asociaría con un incremento de actividad en el lóbulo frontal y parietal del hemisferio derecho. Estas regiones reciben proyecciones noradrenérgicas (relacionado con la alerta) desde el *locus coeruleus*. En segundo lugar, la red atencional posterior o de orientación se encarga del desplazamiento del foco atencional hacia el espacio donde aparece un estímulo potencialmente relevante. Es la responsable de la focalización de la atención en diferentes posiciones espaciales y de la selección de los estímulos en función de sus propiedades. Las áreas cerebrales implicadas en dicha red son la corteza parietal posterior, el núcleo pulvinar del tálamo, el colículo superior y los campos oculares frontales. Esta red de orientación se encuentra asociada al sistema colinérgico. Finalmente, la red atencional anterior corresponde al control ejecutivo y sería la encargada del control voluntario del procesamiento atencional ante situaciones que requieran algún tipo de planificación, estrategia, resolución de conflictos, detección de errores o control inhibitorio. Está asociada con la actividad de la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal lateral. Estas regiones contienen un gran número de receptores dopaminérgicos, lo que

sugiere que el sistema dopaminérgico podría estar implicado en la red ejecutiva, así como otros neurotransmisores como el glutamato y la acetilcolina (Fan et al., 2005; S.E Petersen & Posner, 2012).

Mirsky a través de un análisis factorial combinó datos clínicos y experimentales proponiendo un modelo con cuatro componentes atencionales (Mirsky, 1987; Mirsky & Duncan, 2001). En primer lugar, la focalización nos permite concentrar nuestros recursos atencionales en una tarea específica. Segundo la atención sostenida implica permanecer en una tarea un determinado período de tiempo, respondiendo de manera eficiente a ella e inhibiendo estímulos distractores. Tercero la alternancia desplaza el foco atencional entre distintos estímulos o entre las características del propio estímulo. Finalmente, la codificación, que nos permite mantener la información activa durante unos instantes mientras se realiza la tarea.

El modelo de LaBerge describe la atención como un circuito triangular que cumple tres objetivos en el procesamiento de la información: precisión, rapidez y continuidad (LaBerge, 1983, 2002). La precisión corresponde a la capacidad de seleccionar el estímulo o estímulos relevantes entre todos los presentes, así como el programa de acción adecuado para dar una respuesta externa o una operación mental determinada. La rapidez con que atendemos un estímulo será mayor si lo estamos esperando o si nuestra atención ya se encuentra preorientada hacia este estímulo por una clave válida. Por último, la continuidad hace referencia a la persistencia y al mantenimiento de la atención en el tiempo (atención sostenida).

El modelo de control cognitivo de Miller establece los mecanismos neuronales asociados a la capacidad para dirigir nuestros pensamientos y nuestros actos hacia una meta (Miller, 2000). En base a estudios neurofisiológicos con animales, este modelo indica que los mecanismos de control dependen de la experiencia y que las conductas voluntarias son aprendidas. El córtex prefrontal sería el encargado de extraer los aspectos relevantes de la experiencia para que puedan emplearse posteriormente, y en él se localizarían estos mecanismos de control. Éste se encuentra ampliamente conectado con otras áreas cerebrales con las que modularía

simultáneamente el flujo de procesamiento, seleccionando las vías neurales necesarias para la consecución de las metas.

Por último, el modelo de control atencional de Corbetta y Shulman, a partir de investigaciones en neurofisiología animal y neuroimagen en humanos, propone la existencia de dos redes distribuidas aunque en interacción que intervienen en el control atencional (Maurizio Corbetta & Shulman, 2002). Una extensa red fronto-parietal dorsal que sería responsable del establecimiento de conexiones entre la información sensorial relevante y las representaciones motoras adecuadas; y el sistema fronto-parietal ventral sería, a su vez, el encargado de la detección de estímulos conductualmente relevantes y funcionaría como un mecanismo de alerta cuando dichos estímulos son detectados fuera del foco de procesamiento.

1.1.3. Procesos atencionales

Autores como Posner y Solhberg abogan por un modelo atencional multicomponente para dar cuenta de los diferentes aspectos o dominios que se engloban bajo el término atención (Michael I. Posner & Rothbart, 2007; Sohlberg et al., 2000)².

1.1.3.1. Alerta

En el nivel más básico de la estructura jerárquica propuesta por Sohlberg y Mateer encontramos la alerta o *arousal*³. Un adecuado nivel de alerta es un requisito necesario para poder percibir, tomar conciencia y responder a lo que sucede a nuestro alrededor, así como para el correcto funcionamiento del resto de capacidades cognitivas. Se han descrito dos mecanismos de alerta en función de la disposición general que tiene

² Para facilitar la lectura de este apartado, se ha jerarquizado la información de manera que se analizan primero los procesos o dominios más básicos, como el nivel de alerta (del inglés *arousal*) y la vigilancia, hasta alcanzar los de mayor complejidad, como son el control ejecutivo y la atención dividida.

³ En la literatura podemos encontrar a menudo los términos *arousal*, vigilancia y atención sostenida empleados de forma equivalente (Gosseries et al., 2011; Parasuraman et al., 1998). Sin embargo, a lo largo de este apartado los trataremos como procesos diferenciados.

nuestro organismo para procesar la información que llega del ambiente: la alerta tónica y la alerta fásica (Diéguez & Añiguez, 2011; Michael I. Posner & Boies, 1971). La distinción entre ambas se basa en el tiempo de modulación de la respuesta del sistema atencional, siendo reducido en la alerta tónica y mayor en la alerta fásica.

La alerta tónica o *arousal* se define como el estado continuo de reactividad fisiológica que nos prepara para la respuesta. Este proceso comprende desde las fases profundas del sueño hasta los estados de máxima activación. El nivel de *arousal* puede variar en función del grado de activación de diferentes redes neuronales que conectan estructuras tronco-encefálicas con otras redes cortico-subcorticales más extensas. A nivel fisiológico, por ejemplo, las fluctuaciones del nivel de alerta tónica que se producen durante el día se encuentran moduladas por la sustancia reticular, dando lugar a un patrón estructurado de sueño-vigilia. La alteración de este patrón fisiológico genera situaciones como el estado de coma, caracterizado por un descenso patológico del nivel de alerta que, a diferencia del sueño, no resulta reversible ante una adecuada estimulación.

La alerta fásica o vigilancia corresponde al estado de preparación de nuestro organismo para detectar y responder a estímulos impredecibles que ocurren de forma aleatoria y con baja frecuencia en el entorno. Este tipo de alerta es variable en el tiempo ya que refleja un estado momentáneo de preparación, así como la capacidad de reacción ante los estímulos y las influencias ambientales. El mantenimiento de la alerta fásica en el tiempo es un aspecto determinante del rendimiento en tareas que precisan atención sostenida. Clínicamente suele evaluarse con tareas en las que determinados estímulos infrecuentes se presentan de forma aleatoria durante períodos de tiempo prolongados. La vigilancia correspondería, por ejemplo, al estado en el que se encuentra un corredor mientras espera el pistoletazo de salida que da inicio a la carrera.

1.1.3.2. Atención focalizada

La atención focalizada hace referencia a la capacidad para centrarnos en un estímulo concreto. El foco atencional entra en juego una vez un

estímulo, que puede poseer una valencia⁴ variable, ha sido seleccionado y los recursos cognitivos están dirigidos a él. La focalización también puede ocurrir en diferentes tareas que pueden tener un mínimo requerimiento de atención selectiva (por ejemplo, las tareas que impliquen memoria de trabajo).

1.1.3.3. Atención sostenida

En el nivel inmediatamente superior, encontramos la atención sostenida que puede definirse como la capacidad de mantener el foco atencional de forma consistente ante una estimulación durante un período de tiempo relativamente prolongado. Este tipo de atención es necesaria, por ejemplo, para conducir por una autopista un día soleado y sin tráfico. Las dificultades en atención sostenida son especialmente evidentes en poblaciones clínicas, como el trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Su característica diferencial frente al resto de dominios atencionales es su naturaleza temporal. Nuestra atención sostenida nos permite centrarnos en una actividad y llevarla a cabo resistiendo los efectos de fatiga e inhibiendo distractores. Entre los factores que influyen en su correcto funcionamiento se encuentran la duración de la tarea o la motivación con la que nos enfrentamos a la misma. Los estudios de neuroimagen señalan el papel crítico que ejerce el sistema fronto-parietal ventral derecho en la atención sostenida (Lewin et al., 1996).

1.1.3.4. Atención selectiva

La atención selectiva se define como la capacidad que tiene el individuo para seleccionar o centrar el foco atencional en un determinado estímulo, en detrimento de otros que no son considerados útiles, relevantes o pertinentes en ese momento (Fenske & Raymond, 2006). Este proceso atencional implica una doble selección: por un lado, la de los estímulos que se presentan en el ambiente para evitar una posible sobrecarga y, por otro lado, la de la respuesta a realizar. Se trata de un proceso activo que ha sido ampliamente estudiado por diversos modelos teóricos en base a nuestra limitada capacidad de procesamiento de la información (Heitz &

⁴ El término “valencia” hace referencia al carácter intrínsecamente negativo o positivo de un evento o estímulo.

Engle, 2007; Schweizer et al., 2005; Schweizer & Koch, 2003). Este dominio atencional guarda una estrecha relación con factores motivacionales, ya que se ve influenciada por los intereses e inquietudes particulares. Dentro del proceso selectivo podemos diferenciar varias etapas entre las que se incluyen: la orientación hacia el estímulo, la selección sensorial, la fase de filtrado y la posterior integración de la información seleccionada.

En primer lugar, la orientación al estímulo es la respuesta de activación del sistema atencional ante estímulos inesperados pero significativos del entorno. Se trata de una respuesta atencional automática que ocurre de una manera relativamente refleja y pasiva, si bien es cierto que el mantenimiento de la respuesta de orientación, incluyendo la habituación y la sensibilización, se encuentra bajo la influencia de sistemas de control cerebral de alto nivel. Una vez se ha producido la respuesta de orientación, la atención fija el estímulo por un tiempo determinado, generalmente hasta que ocurre un cambio en el foco atencional como consecuencia de otro estímulo más novedoso. Cuando esto ocurre, se pone en marcha un proceso inhibitorio que desplaza el foco atencional desde el estímulo inicial hacia el más novedoso. Seguidamente, la selección sensorial ocurre habitualmente en respuesta a un estímulo proveniente del entorno, pero también puede activarse en base a información almacenada derivada de estímulos procesados previamente. Se han descrito dos tipos de procesos de selección sensorial: uno automático y otro controlado. El primero ocurre de una manera relativamente automática o refleja ante un determinado estímulo ambiental y con una mínima conciencia e intencionalidad y depende, en gran medida, de las propiedades de los estímulos, de la motivación, de las preferencias del sujeto o de la novedad. Por contra, los procesos de atención selectiva controlados ocurrirían durante una búsqueda activa voluntaria, como la que realizamos cuando estamos intentando localizar a un conocido entre una multitud, por ejemplo. Finalmente, tras el registro sensorial se produce el filtrado y la integración de la información. Se trata de un proceso ascendente basado en las propiedades intrínsecas de los estímulos. El filtrado permite una rápida, automática y temprana selección de los estímulos relevantes y se encuentra estrechamente relacionado con un proceso perceptivo.

Los estudios de neuroimagen han identificado una red bilateral en las regiones fronto-parietales como la responsable de la atención selectiva (Michael I. Posner, 2012). Las regiones nucleares de la llamada red de orientación o de atención dorsal incluyen regiones dorsales del córtex frontal, como el surco precentral y el campo orbitofrontal, regiones del córtex parietal dorsal, particularmente el surco intraparietal, y el lóbulo parietal superior.

Conforme aumenta la complejidad del entorno y cuando existe una demanda de dos o más tareas de forma simultánea, se requiere de un procesamiento atencional más controlado y complejo que el descrito hasta ahora. Para ello, el sistema atencional actúa de forma sincronizada con el sistema ejecutivo frontal, el cual ejerce una labor de supervisión o control. El control ejecutivo de la atención se refiere al proceso cognitivo que permite la producción de respuestas y comportamientos adaptativos y flexibles. Este sistema actúa inhibiendo o modificando las respuestas automáticas, monitorizando el resultado y ajustando los planes y acciones en caso necesario. Este modelo, basado en las ideas de Norman y Shallice (Canella et al., 2009), contempla la existencia de un sistema atencional supervisor y ha sido estudiado fundamentalmente a través de tareas que implican un conflicto o interferencia como el test de *Stroop* (J. Ridley Stroop, 1992). La primera pieza de este modelo consistiría en la capacidad de emitir una determinada respuesta conforme a las demandas situacionales prevalentes o a las presiones orgánicas. Esta intencionalidad estaría modulada por una combinación de factores como la motivación, el impulso, el refuerzo ambiental y otras influencias orgánicas. En segundo lugar, se inicia un proceso de decisión secuencial y reiterativo durante el cual el individuo sopesa de forma consciente los resultados de las diferentes alternativas. Una vez se ha seleccionado la respuesta, diferentes influencias facilitadoras e inhibidoras se encargan de iniciarla, modular su intensidad y mantenerla en el tiempo de acuerdo con la información proporcionada por distintos procesos de retroalimentación. En este modelo, juega un papel relevante el control inhibitorio, es decir, la capacidad de suprimir respuestas inapropiadas o no requeridas por más tiempo. Cuando un sujeto presenta dificultades para iniciar, facilitar o inhibir respuestas, su capacidad atencional se ve comprometida. Las alteraciones en el control ejecutivo de la atención son características de

poblaciones clínicas como el Parkinson, la enfermedad de Huntington y otras alteraciones neurológicas que afectan a los ganglios basales y al lóbulo frontal. La implicación de las regiones frontales en el control ejecutivo de la atención es clara. Sin embargo, la forma en que las regiones dorsales y ventrales del área frontal interaccionan entre ellas permanecen sin definir. Numerosos estudios han señalado el papel del córtex prefrontal dorsolateral en el control ejecutivo, así como en las tareas de mantenimiento (persistencia) y flexibilidad al cambio ante nuevas tareas cuando es requerido (Fan et al., 2005; Michael I. Posner, 2012). Más recientemente, regiones fronto-mediales como el córtex cingulado anterior y el área motora presuplementaria han sido implicadas en la detección de conflictos, la monitorización del error y la inhibición o cambio de los planes motores (Tirapu-Ustárroz et al., 2012).

1.1.3.5. Atención alternante

La atención alternante es la capacidad que nos permite cambiar el foco de atención entre distintas tareas. Este dominio atencional se pone en marcha cuando nos enfrentamos a tareas que no se pueden realizar de forma simultánea, porque implican requerimientos cognitivos diferentes, que obligan a un cambio en el foco de atención. Precisamos atención alternante, por ejemplo, mientras estamos leyendo un libro y alguien nos hace una pregunta a la que debemos responder. En ese momento, abandonamos momentáneamente la lectura para responder a la pregunta y retomaremos inmediatamente después la lectura por donde la habíamos dejado. Esta alternancia activa requiere de la flexibilidad cognitiva suficiente para inhibir una respuesta y facilitar otra en un espacio de tiempo limitado y con una secuencia temporal establecida.

1.1.3.6. Atención dividida

Por último, la atención dividida hace referencia a la capacidad de dar respuesta a diferentes demandas atencionales que suceden al mismo tiempo, distribuyendo de forma eficiente los recursos existentes. A la hora de responder a estas demandas, nuestro organismo puede requerir el cambio rápido entre las distintas tareas o distribuir sus recursos según las exigencias de cada una. Los estudios publicados al respecto se han

centrado fundamentalmente en el análisis de la emisión de respuestas de forma simultánea, es decir, en las denominadas “tareas duales”. Tal y como vimos en los modelos de capacidad limitada, cuando el sujeto debe enfrentarse a más de una tarea de forma simultánea generalmente se reduce el rendimiento y la eficiencia de las respuestas que se están llevando a cabo concurrentemente. La calidad de la ejecución de las tareas múltiples puede verse afectada por la competencia entre estímulos, así como por el nivel de automatización que impliquen las tareas en cuestión. La atención dividida es un dominio atencional con una marcada implicación funcional, ya que en nuestro día a día nos vemos constantemente sometidos a tareas duales (Lane, 1982). Conducir a la vez que conversamos con alguien o cocinar mientras respondemos una llamada telefónica son algunos ejemplos de situaciones cotidianas que requieren nuestra atención en dos tareas simultáneas. Respecto a su correlato neuronal, los estudios de neuroimagen funcional muestran que la atención dividida se asocia con un reclutamiento de las redes cerebrales implicadas en la atención selectiva y ejecutiva (Michael I. Posner, 2012), reflejando potencialmente las demandas de esas redes para procesar selectivamente la información de dos tareas diferentes, implementar reglas y seleccionar las respuestas apropiadas.

1.2. Bases neurales de la atención

Los primeros trabajos centrados en el estudio del sustrato neurobiológico de los procesos atencionales se remontan a principios de los años 50 y se basaron en el estudio de lesiones focales en modelos animales. De forma similar a lo descrito en otras funciones cognitivas, estos enfoques llamados “localizacionistas” trataron de relacionar determinadas áreas o estructuras cerebrales con dominios atencionales específicos (Maurizio Corbetta & Shulman, 2002). La mayoría de estas investigaciones sugerían la vinculación del lóbulo frontal y parietal, representantes de la red anterior y posterior del cerebro respectivamente, con tareas atencionales, así como el papel ejercido por el hemisferio no dominante. El desarrollo de las técnicas de neurofisiología y neuroimagen funcional ha proporcionado un conocimiento más exhaustivo del funcionamiento cerebral y ha permitido el cambio de paradigma de un modelo basado en el localizacionismo y la segregación funcional a una visión mucho más amplia basada en la

conectómica y en la concepción de nuestro cerebro como una estructura integradora de información en red. Actualmente sabemos que el cerebro se encuentra organizado a través de un complejo entramado de redes neuronales difusas e interconectadas y que la transmisión de información de unas regiones a otras juega un papel esencial en el procesamiento atencional (Michael I. Posner & Rothbart, 2007).

1.2.1. Hallazgos en pruebas neurofisiológicas

La capacidad del sistema nervioso de generar potenciales eléctricos constituye la base de la excitabilidad del organismo y da lugar a cualquier conducta de los seres vivos, incluyendo la cognición. La electroencefalografía es una técnica de exploración neurofisiológica que permite registrar los potenciales eléctricos generados por la corteza cerebral y aportar información sobre su funcionamiento (Nunez & Srinivasan, 2009). Las diferentes ondas que constituyen el registro del electroencefalograma son una manifestación de la actividad cerebral, de sus características y de sus cambios. Frente a las técnicas de neuroimagen, la electroencefalografía ofrece dos ventajas significativas: su elevada resolución temporal, ya que los datos se obtienen casi en tiempo real, y las características de la información que aporta, tanto por su naturaleza, que es reflejo directo de la actividad neuronal, como por el modo de obtenerla, que es absolutamente cuantitativo en sus valores basales (Schwilden, 2006; Tonner & Bein, 2006).

Cuando un evento estimula los receptores periféricos, la información recibida es enviada para su procesamiento a nivel central, generando una respuesta eléctrica característica que se denomina “potencial evocado”. Estas respuestas eléctricas, que van a depender de la modalidad sensorial y de la intensidad del estímulo, pueden ser promediadas y analizadas. Los potenciales evocados cognitivos corresponden a la exploración psicofisiológica que evalúa la actividad eléctrica cerebral asociada a una función cognitiva (atención, memoria, etc.) por medio de las respuestas provocadas frente a un paradigma de estimulación conocido. Las tareas cognitivas que emplean frecuentemente estímulos visuales y auditivos, como por ejemplo el paradigma visual

*oddball*⁵, permiten estudiar las alteraciones funcionales de la actividad cerebral asociadas a los déficits cognitivos a través del registro y la cuantificación de diversas medidas conductuales (tiempo de reacción y precisión de las respuestas) así como de la actividad fisiológica que se genera. En este sentido, la psicofisiología ha puesto gran interés en el estudio de la atención para determinar su funcionamiento y el mecanismo fisiopatológico que genera los problemas atencionales (Carretié-Arangüena L, 1997).

Tras la estimulación sensorial, los primeros componentes eléctricos aparecen entre los 100 y los 200 ms en las cortezas cerebrales asociativas vinculadas a la modalidad sensorial, los cuales resultan de gran utilidad para el estudio de variables cognitivas, como la atención y el procesamiento inicial de la información (Carretié-Arangüena L, 1997; van Dijk, 1990). Obviando ciertos componentes del segmento inicial en el procesamiento de la información, como el componente C1, los primeros componentes que aparecen son el componente P1 y el componente N1 (Clark et al., 1994; Gonzalez et al., 1994). A medida que aumenta la latencia (mayor magnitud temporal), los componentes tienen una mayor vinculación a aspectos cognitivos, debido a que la información eléctrica obtenida depende en mayor medida de la corteza cerebral (Nowak et al., 2008). Estos componentes más tardíos del procesamiento de la información, como es el caso del componente P3, tienen un papel muy relevante en el estudio de la atención (Figura 4). Sin embargo, incluso después de completar la respuesta conductual los potenciales evocados cognitivos nos muestran que el procesamiento cognitivo continúa. Por ejemplo, la morfología de las ondas generadas tras la respuesta están relacionadas con la evaluación rendimiento en la prueba que acaba de ocurrir (Falkenstein et al., 2000). Hoy en día sabemos que la atención no sólo modula la actividad de las áreas cerebrales primarias. En situaciones en las que las características de los estímulos determinan su relevancia para la tarea es esperable la implicación de otras áreas de orden superior que permitan tomar decisiones sobre la relevancia del estímulo y, de esa forma, actuar en consecuencia (Periáñez Morales et al., 2008). La respuesta

⁵ En las tareas *oddball* el sujeto debe atender a todos los estímulos presentados para, a partir de sus propiedades perceptivas, discriminar los estímulos visuales infrecuentes en una secuencia de estímulos frecuentes.

eléctrica cerebral asociada a la aparición de estímulos objetivos es el llamado “componente P3” o “P300”. Su estudio ha sido muy extenso, habiéndose empleado tanto en el análisis de diferencias interindividuales (Manuel Vázquez-Marrufo et al., 2013a; M. A. Wilson & Languis, 1990) como en el estudio de variables de tipo afectivo (Martínez-Selva JM, 1995), e incluso en áreas de conocimiento diferentes a la psicofisiología como en interfaces cerebro-ordenador (Combaz et al., 2013). La distribución topográfica del componente P3 se localiza en torno a regiones centro-parietales. Su latencia puede extenderse desde los 250 a los 500 ms, aunque su pico máximo de amplitud suele ser en torno a los 300 ms posteriores a la aparición del estímulo objetivo.

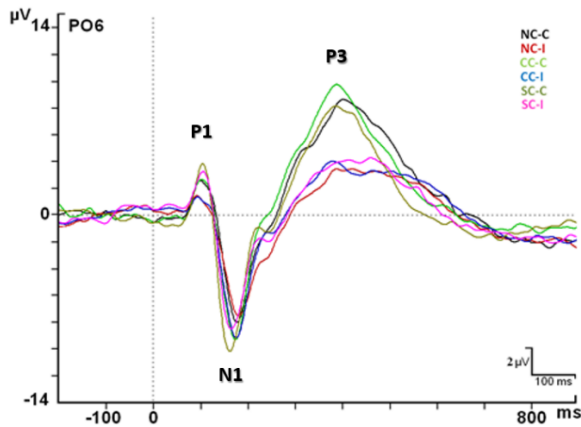


Figura 4. Componentes del potencial evocado

Este componente es fácilmente observable durante la realización de tareas o paradigmas tipo *oddball*, en el que estímulos infrecuentes se intercalan entre otros más frecuentes (Figura 5). Se ha demostrado que la amplitud de P3 es mayor en el caso de los estímulos infrecuentes, lo que sugiere su relación con la falta de expectativa ante el estímulo (Martínez-Selva JM, 1995). Sin embargo, también se ha constatado que cuando los estímulos objetivo y los estándar tienen la misma probabilidad de ocurrencia, el componente P3 muestra una mayor amplitud en respuesta a los estímulos identificados correctamente, frente a los estímulos ignorados (Periáñez Morales et al., 2008). La amplitud del componente P3 se ha vinculado clásicamente a la activación de las regiones cerebrales necesarias para el mantenimiento de la información en memoria de trabajo cuando se

actualiza el contexto (Donchin & Coles, 1988). Según esta hipótesis, tras la percepción inicial de un estímulo, los sujetos comparan en memoria los atributos perceptivos de lo que acaba de ocurrir con los atributos del estímulo anterior. Si no se detectan cambios perceptivos, se conserva el esquema antiguo o modelo neuronal del contexto. En cambio, si se procesa un estímulo nuevo, el sistema atencional debe actualizar la representación del contexto estimular, generando la aparición del componente P3. Según este modelo, el P3 sería un indicador de las operaciones de almacenamiento en memoria de la información sobre el contexto estimular. Otros estudios también han señalado su función como indicador de la significación o relevancia que el sujeto otorga al estímulo debido a los requerimientos de la tarea (Carretié-Arangüena L, 1997). Respecto a su amplitud, algunos estudios la relacionan con la cantidad de recursos neuronales puestos en marcha en un determinado momento y ante una tarea concreta. Una menor amplitud de este componente está relacionada con una menor cantidad de recursos puestos en marcha (Kratz et al., 2011) o bien con la respuesta de inhibición e incluso con la complejidad de la tarea (Barcelo, 2004; Hagen et al., 2006).

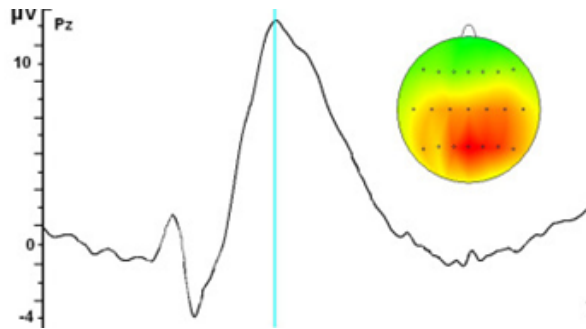


Figura 5. Potencial P3 registrado en Pz obtenido en un sujeto sano

En cuanto a su latencia, el componente P3 se ha asociado a la duración de los procesos de evaluación que los sujetos realizan sobre los estímulos, y se sabe que es independiente de los procesos de respuesta (Kutas et al., 1977). De esta forma, el P3 se ha considerado un buen indicador temporal de la actividad neuronal subyacente a la dirección selectiva y voluntaria de la atención hacia las propiedades del objeto atendido, así como de la memoria de trabajo (Barcelo, 2004; Linden, 2005). En el caso concreto de estudios que consideran el significado funcional de este componente en la

jerarquía del proceso atencional, algunos autores opinan que este componente representa el último estadio en la identificación de un objetivo relevante para la tarea (Hillyard & Münte, 1984). Se ha comprobado, por ejemplo, que si el sujeto no detecta la presencia de un objetivo, el componente no se modula (Wijers et al., 1987). No obstante, no se ha alcanzado un consenso definitivo con respecto al significado funcional del P3, debido, en parte quizás a que es un componente compuesto por múltiples fuentes que radican tanto en estructuras corticales como límbicas (Knight, 1997). Así, se han aislado diversos subcomponentes del P3. Por una parte el componente P3a, con una latencia entre los 250 a 350 ms y una distribución fronto-central, se ha relacionado con la detección de estímulos novedosos o la reorientación atencional (Yamaguchi & Knight, 1991) y refleja principalmente una atención involuntaria hacia los cambios que se producen en el entorno. Por otra parte, el denominado “P3b”, que presenta una latencia entre los 350 y 550 ms y una distribución centro-parietal y se ha relacionado con la actualización de la información en la memoria de trabajo o con el cierre del proceso perceptual (Verleger, 1988).

En cuanto a su sustrato neuroanatómico, el componente P3 refleja la activación de múltiples generadores neurales ampliamente distribuidos en las cortezas de asociación e independientes de la modalidad sensorial en la que se presente la estimulación (Herrmann & Knight, 2001). Estudios que han aplicado la técnica de la localización de fuentes cerebrales han señalado al tálamo, la corteza temporal, el hipocampo y la ínsula como algunas de las estructuras responsables de la generación de este componente (Di Russo et al., 2002; Gonzalez et al., 1994; Horiguchi et al., 2003). Los primeros estudios de magnetoencefalografía señalaron la localización del componente magnético P3m en áreas cercanas a las cortezas de la formación hipocámpica del hemisferio derecho y un segundo generador en torno a las áreas visuales de la corteza occipital (Rogers et al., 1993). Por su parte, los estudios con resonancia magnética funcional en combinación con electroencefalografía han señalado a las áreas asociativas temporo-parietales, perisilvianas, prefrontales derechas y del cíngulo anterior como responsables principales de la generación de la respuesta cerebral P3 a estímulos objetivo (Bledowski et al., 2004; Mulert et al., 2001).

1.2.2. Hallazgos en pruebas de neuroimagen

Las pruebas de neuroimagen estructural, como la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética, y de neuroimagen funcional, como la tomografía por emisión de positrones (PET), la tomografía por emisión de fotón único y la resonancia magnética funcional, aportan una información complementaria de gran relevancia para el diagnóstico y el tratamiento de pacientes con lesiones neurológicas. Respecto a las pruebas de neuroimagen estructural, debemos considerar que existen lesiones que pasan desapercibidas y otras que sólo son visibles durante un periodo limitado de tiempo. Los recientes avances en el campo de la neuroimagen funcional permiten superar estas limitaciones técnicas, ofreciendo un análisis cualitativo y cuantitativo del funcionamiento cerebral a través de una serie de parámetros fisiológicos. En la práctica clínica, el método más empleado se basa en el análisis cualitativo de las imágenes a partir del conocimiento del patrón normal de distribución de cada radiofármaco y de las características diferenciales que presentan las distintas patologías. La valoración visual es a menudo suficiente, pero la obtención de valores cuantitativos a partir de la imagen facilita un análisis independiente del observador.

Desde una visión anatómo-funcional, si bien los cuatro lóbulos cerebrales están relacionados con la atención, se ha sugerido que los lóbulos frontales y parietales tendrían una mayor relevancia en el procesamiento atencional. Diversos estudios han descrito la vinculación de las regiones frontales inferiores derechas con la atención sostenida (Wilkins et al., 1987). Estas zonas, junto a las regiones dorso-mediales, juegan un papel activador para la atención, de manera que su lesión supone un progresivo enlentecimiento en los tiempos de reacción (M. P. Alexander et al., 2005). Asimismo, el lóbulo frontal también se ha vinculado con tareas de atención selectiva, concretamente con el control de los movimientos oculares para seleccionar una respuesta ante estímulos ambientales visuales y con tareas de atención focalizada. Como ya vimos anteriormente, el lóbulo frontal participaría, además, en el control ejecutivo de los procesos atencionales. Así, jugaría un papel clave en la selección, la supervisión y el control de la atención, en especial cuando se requiere flexibilidad cognitiva y en la detección de los errores. Finalmente,

la corteza prefrontal también se encuentra relacionada con la gestión de la atención dividida y alternante (M. P. Alexander et al., 2005; Godefroy & Rousseaux, 1996; Gu et al., 2008; Tim Shallice et al., 2008; Stuss, 2006; Stuss & Benson, 1984). De hecho, los problemas en el control inhibitorio son característicos de las lesiones frontales (Roca et al., 2011). Por su parte, ciertas áreas del lóbulo parietal también juegan un papel muy directo en la correcta realización de diferentes tareas atencionales (Coull, 1998). Recientes estudios con lesiones focales que afectan al surco intraparietal y al lóbulo parietal superior sugieren el papel crítico que estas lesiones tienen en la atención selectiva (Gillebert et al., 2013). La corteza parietal está relacionada con la correcta reorientación y dirección de la atención cuando hay múltiples estímulos para seleccionar, y con el procesamiento de los aspectos espaciales de la atención. La vinculación entre el síndrome de negligencia unilateral y las lesiones cerebrales posteriores demuestra que los lóbulos parietales contienen áreas especializadas que gobiernan procesos atencionales particulares (Steinmetz et al., 1994). Debido a la heterogeneidad funcional de los lóbulos temporales, es difícil atribuir un papel unitario de esta región del cerebro en el funcionamiento de la atención (Herrington & Assad, 2009). La influencia sobre la atención de la corteza temporal mesial y sus conexiones con las estructuras límbicas y paralímbicas, incluyendo el hipocampo y el área entorrinal, surge de su implicación en la codificación y formación de la memoria, ya que los estímulos que están bien codificados se manejarán de forma más automática. Asimismo, diferentes aspectos emocionales y motivacionales bajo el control del sistema límbico ejercen una acción indirecta sobre el control atencional de la información a procesar.

Desde el punto de vista de la lateralidad, aunque ambos hemisferios cerebrales intervienen de forma activa en los procesos atencionales, numerosos estudios sugieren una lateralización hemisférica y señalan el papel protagonista del hemisferio derecho. Heilman describió la asimetría hemisférica atencional, según la cual el hemisferio derecho ejercería un control bilateral sobre los procesos atencionales, mientras que el hemisferio izquierdo solo controlaría los procesos contralaterales (Heilman & Valenstein, 1978) (Figura 6). Por ello, las lesiones derechas tienen una mayor repercusión a nivel atencional (Heilman & Van Den Abell, 1980; M. Mesulam, 1999). Los estudios mediante imágenes de

tomografía por emisión de positrones o resonancia magnética funcional (Lewin et al., 1996; Pardo et al., 1991; Paus et al., 1997; W. Sturm et al., 1999), tanto en pacientes con lesiones cerebrales como en sujetos sanos, evidencian un mayor grado de activación en el hemisferio derecho en la realización de las tareas atencionales. El hemisferio derecho está involucrado en la atención sostenida, la vigilancia y la velocidad de procesamiento de la información (Dee & Van Allen, 1973), regularía el sistema de *arousal* y mantendría el estado de alerta. De ahí que, junto al importante papel regulador del córtex frontal y sus conexiones con el estriado, se haya llegado a afirmar que la regulación de la atención descansa sobre el sistema fronto-estriado del hemisferio derecho, a través de vías noradrenérgicas y, en menor medida, serotoninérgicas.

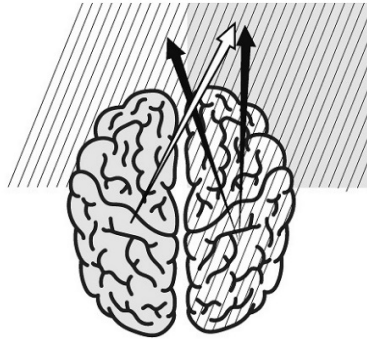


Figura 6. Modelo atencional de Heilman

Investigaciones más recientes sugieren que la atención no puede localizarse en zonas restringidas de la corteza cerebral o en grupos neuronales aislados, sino que debe estar organizado en sistemas que pueden estar situados en áreas neuroanatómicamente distantes pero que, funcionalmente, trabajan armónicamente, ejerciendo su papel dentro de un único sistema funcional de alta complejidad (Oskooie et al., 2011). En este sentido, Posner describe tres redes independientes altamente conectadas que sustentarían neurobiológicamente los procesos atencionales de acuerdo con este modelo en red (Figura 7). Este sistema incluiría los sistemas de alerta o vigilancia, la red de orientación (red atencional posterior) y la red de atención ejecutiva (red atencional anterior) (Michael I. Posner & Petersen, 1990; Michael I. Posner & Rothbart, 2007).

En primer lugar, la denominada “red de vigilancia” es la responsable del nivel general de activación necesario para la detección rápida de estímulos. Esta red estaría principalmente soportada por la actividad del tronco cerebral. Concretamente, por los núcleos que constituyen el sistema reticular activador del tronco cerebral y por las conexiones de esta estructura con el tálamo y con distintas estructuras corticales y subcorticales, como el sistema límbico, los ganglios basales, la corteza cingular anterior y posterior, áreas prefrontales dorsolaterales, regiones dorsales de la corteza parietal y el precúneo (Schiff, 2008). Hasta la fecha se han descrito dos redes de vigilancia con funcionamiento aparentemente disociado, las cuales están directamente relacionadas con la percepción de estímulos internos, por un lado, y externos o ambientales, por otro. Por un lado, la red de estado por defecto⁶ incluye preferentemente áreas mediales de la corteza prefrontal, cingular y precúneo, y es la responsable de la percepción de estímulos internos. Por otro, la red ejecutiva central, que incluye regiones corticales dorsolaterales de la corteza frontal y parietal, es la responsable de la detección de estímulos ambientales visuales, auditivos, táctiles o multimodales.

Ya a principios de la década de los 90, se propuso que zonas posteriores del lóbulo parietal derecho podrían tener un papel relevante en el mantenimiento del estado de alerta (Michael I. Posner & Petersen, 1990). Se han realizado estudios con imágenes de tomografía por emisión de positrones que, junto con datos clínicos, han apuntado hacia cuál podría ser la base del circuito o red de alerta. Así, en tareas que implican o activan esta red, algunos estudios han asociado la alerta fásica con el aumento de actividad de áreas superiores del lóbulo parietal derecho, así como del lóbulo frontal derecho y del tálamo (Callejas et al., 2005; Coull et al., 1996; Fan et al., 2005, 2009; Pardo et al., 1991; Rueda et al., 2004). Además, aunque el sistema reticular ascendente ejerce una influencia excitatoria sobre el tálamo y la corteza necesaria para la alerta tónica, se ha sugerido que dicho sistema jugaría un papel igualmente importante en la alerta fásica (Fan et al., 2009; Oken et al., 2006). Dichas regiones reciben proyecciones noradrenérgicas desde el *locus coeruleus*, el cual presenta conexiones especialmente relevantes con el lóbulo parietal, el complejo

⁶ Del inglés *default mode network*.

pulvinar y con los colículos superiores (regiones de la red de orientación). Estos resultados sugieren que la red de alerta presenta una importante relación con la red de orientación visual (S.E Petersen & Posner, 2012; K. Wang et al., 2005).

En segundo lugar, el sistema atencional posterior, o red de orientación, es el encargado del funcionamiento de la atención selectiva, la focalización de la atención y la orientación a los estímulos. Este sistema se relaciona con estructuras del córtex parietal posterior, colículos superiores, el núcleo pulvinar del tálamo y los campos oculares frontales (Maurizio Corbetta & Shulman, 2002; M. Posner et al., 1988; Rafal et al., 1991) y se encuentra vinculado con el sistema colinérgico. Enfermedades neurodegenerativas con afectación preferentemente subcortical, como la enfermedad de Parkinson, vinculan las alteraciones relacionadas con los mecanismos de orientación visual con un déficit del sistema atencional posterior.

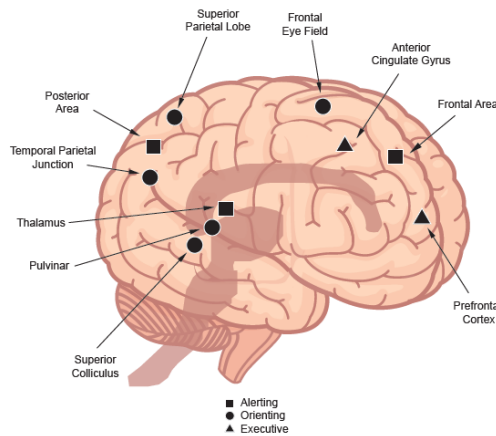


Figura 7. Áreas activas para las tres redes atencionales⁷

La evidencia científica señala que las áreas cerebrales implicadas en esta función de orientación serían, principalmente, la corteza parietal posterior, los núcleos pulvinares del tálamo y los colículos superiores (M Corbetta et al., 1993; F. J. Friedrich et al., 1998; M. Posner et al., 1988; Michael I. Posner et al., 1988; Rafal et al., 1991). Por su parte el síndrome de negligencia unilateral, aunque puede deberse a lesiones del tronco cerebral

⁷ Imagen extraída de Posner y Rothbart, 2007.

o del tálamo, se asocia, mayoritariamente, a lesiones del lóbulo parietal derecho (Chica et al., 2012). En las tareas de atención espacial visual se deben localizar los estímulos que aparecen a la derecha y/o izquierda de un punto central en el que se debe fijar la visión. Cuando los estímulos se localizan en el mismo lado que la lesión parietal, los tiempos de reacción son normales. Sin embargo, cuando se sitúan en el lado contralateral, se ven incrementados en comparación con los sujetos sin lesión (Chica et al., 2012; Laberge & Buchsbaum, 1990). Esto indica la importancia del lóbulo parietal en el encargado del denominado desenganche atencional, que consiste en liberar la atención desde una localización, en este caso el punto de fijación, para poder movilizarla hacia otra área del campo visual. En experimentos que han utilizado imágenes de tomografía por emisión de positrones, se ha observado que, cuando el estímulo aparecía por el campo visual izquierdo, se activaba el lóbulo parietal derecho y, por el contrario, cuando aparecía en el campo visual derecho, se activaban los dos lóbulos parietales. Estos hallazgos explicarían por qué, en la mayoría de los casos, la heminegligencia atencional se presenta con una omisión del hemicampo visual izquierdo y que se dé, muy frecuentemente, como consecuencia de lesiones del lóbulo parietal derecho (Chica et al., 2012).

Numerosos estudios han señalado la vinculación del tálamo con la red de orientación. Esta estructura subcortical sirve de conexión con la corteza y actúa seleccionando las entradas sensoriales que llegan a la misma (Behrens et al., 2003; De Bourbon-Teles et al., 2014). El estudio del núcleo pulvinar del tálamo, tanto en humanos como en monos, ha aportado datos que muestran que se activa rápidamente en los cambios encubiertos de la atención visual (Steven E. Petersen et al., 1987). Tanto estudios en monos a los que se le inyectaba muscimol (un agonista del neurotransmisor GABA) de forma unilateral en el núcleo pulvinar (Steven E. Petersen et al., 1987), como estudios en los que se lesionaba de manera irreversible dicha estructura (M. Posner et al., 1988) han mostrado que, en tareas de orientación de la atención, los tiempos de reacción eran lentos para aquellos estímulos objetivo dispuestos en zonas opuestas a la región bloqueada o lesionada. En estudios más recientes, donde se evaluó a pacientes con lesiones del núcleo pulvinar del tálamo, se observó que los sujetos respondían de forma más lenta a dianas del lado opuesto a la lesión, como ocurría en el caso de los monos (Danziger et al., 2004; Saalman et

al., 2012; Strumpf et al., 2013). Uno de los primeros estudios de neuroimagen que evidenció el importante papel del núcleo pulvinar del tálamo en tareas atencionales fue llevado a cabo por LaBerge y Buchsbaum (LaBerge & Buchsbaum, 1990). En dicho estudio, usando tomografía por emisión de positrones durante una tarea de conflicto con distractores, se observó que, cuando los sujetos se encontraban ante la condición de discernir entre qué hemisferio atender, se incrementaba la actividad en el núcleo pulvinar, pero no en la corteza visual primaria. Dicho resultado sugiere que el núcleo pulvinar estaría específicamente implicado en filtrar localizaciones del campo visual que resultan irrelevantes (LaBerge, 2002), además de potenciar la entrada de información relevante. Por tanto, estos resultados apoyarían la idea del papel del tálamo como amplificador de la información atendida (Michael I. Posner & Rothbart, 2007).

En base a estos resultados, puede extraerse que la orientación visual de la atención depende de diversas estructuras cerebrales (Callejas et al., 2005; Maurizio Corbetta & Shulman, 2002; Fan et al., 2005; Himmelbach et al., 2006; K. Wang et al., 2005). Por una parte, el lóbulo parietal es el encargado de liberar el foco atencional del estímulo en el que se encuentre y lo dispone para el desplazamiento a otra localización del campo visual, lo que se denomina “el desenganche atencional”. En cambio, el tronco del encéfalo posibilita el movimiento del foco y el tálamo selecciona la información a atender, amplificándola ante posibles distractores para la detección de dianas y la producción de respuestas adecuadas (Michael I. Posner & Rothbart, 2007). Todas estas estructuras posibilitan, por tanto, la atención selectiva visual, por lo que la lesión de al menos una de ellas podría comprometer el proceso. A nivel clínico, puede existir afectación de la red de orientación en casos de heminegligencia adquirida y en otras patologías en las que pueden verse alteradas las distintas áreas involucradas, así como sus interconexiones (M Corbetta et al., 1993; Estevez-Gonzalez et al., 1997; M I Posner & Petersen, 1990; Michael I. Posner & Dehaene, 1994).

Por último, el sistema atencional anterior, o red ejecutiva, es el encargado de dirigir y controlar los procesos atencionales, iniciando las respuestas apropiadas al estímulo e inhibiendo aquéllas que resultan inapropiadas o no ajustadas. Este sistema está compuesto por áreas de la

corteza cingulada anterior, áreas prefrontales dorsolaterales y dorsomediales y el núcleo caudado (Maurizio Corbetta & Shulman, 2002). Estas regiones contienen un gran número de receptores dopaminérgicos, lo que sugiere la vinculación del sistema dopaminérgico, así como de otros neurotransmisores como el glutamato y la acetilcolina a la red ejecutiva (Fan et al., 2009; Steven E. Petersen & Posner, 2012). Además, este sistema está estrechamente relacionado con otras estructuras motoras como los ganglios basales, la corteza oculomotora, la corteza premotora y el área motora suplementaria. Estas regiones, y principalmente la corteza cingulada anterior, se han vinculado con numerosas actividades que requieren la selección de objetivos frente a estímulos competitivos o con pruebas con cierto grado de conflicto cognitivo. La corteza cingulada anterior también se ha relacionado con la focalización ante estímulos, sobre todo, en tareas que requieren detectar estímulos visuales que deben ser discriminados por su color, forma o movimiento (Fuster, 2001). Paralelamente, estudios de neuroimagen en pacientes sanos y con lesiones adquiridas, sugieren la implicación del córtex prefrontal dorsolateral en el control ejecutivo atencional, tanto en el mantenimiento de la tarea como en la flexibilidad para el cambio de tarea en caso necesario (Haber, 2016). Más recientemente, tanto la corteza cingulada anterior como el área motora presuplementaria han sido también implicados en la detección del conflicto, la monitorización del error, la inhibición y el cambio de planes motores (Sharp et al., 2010). El estudio de la red ejecutiva se ha realizado a través de tareas que presentan algún tipo de conflicto cognitivo en la configuración estimular o a la hora de producir una respuesta compatible frente a otras incompatibles y erróneas, como es el caso de las tareas tipo *Stroop* (J. R. Stroop, 1935) o de flancos (B. A. Eriksen & Eriksen, 1974). Se ha constatado que los sujetos son más rápidos y precisos en sus respuestas en los ensayos en los que no existe conflicto. Esto mismo ocurre cuando los estímulos y distractores son compatibles, donde entran en juego procesos de control de respuesta y procesamiento de la información que resolverá el conflicto (S.E Petersen & Posner, 2012).

1.3. Ictus

1.3.1. Definición

El ictus, también conocido como accidente cerebrovascular o infarto cerebral, es la causa más frecuente de daño cerebral adquirido. Se define como un bloqueo agudo de la circulación cerebral y la consiguiente aparición de isquemia en el área afectada. La interrupción o disminución de la circulación de sangre a través de las arterias de una determinada zona del encéfalo comporta un estado de sufrimiento celular por falta de oxígeno y sustancias nutritivas en la parte afectada (Páez & Páez, 2014).

La isquemia cerebral puede ser total o parcial. La isquemia cerebral global supone un descenso rápido y generalmente breve de la circulación cerebral que ocurre después de un paro cardíaco, de episodios de hipotensión sistémica grave o de arritmia cardíaca. En este caso el daño tisular no se limita a un área arterial concreta, sino que suele afectar a toda la superficie encefálica de manera simultánea, incluyendo también el tronco-encéfalo y el cerebelo. El daño cerebral asociado a dicha isquemia se denomina “encefalopatía hipóxica” o “hipóxico-isquémica” y su severidad depende fundamentalmente del tiempo en el que ésta se mantenga (Arauz & Ruíz, 2012).

La isquemia cerebral focal o parcial engloba el ataque isquémico transitorio y el ictus, que a su vez puede ser isquémico o hemorrágico. El ataque isquémico transitorio es un episodio breve de disfunción neurológica con síntomas clínicos que duran típicamente menos de una hora y sin evidencia de infarto en las pruebas de neuroimagen. Normalmente, la duración oscila entre cinco y diez minutos, siendo su repercusión funcional proporcional a la zona afectada y a su magnitud. Los pacientes con ataque isquémico transitorio presentan un riesgo aumentado de sufrir ictus y accidentes coronarios. La evolución de cada paciente es muy variable, por lo que el tratamiento debe dirigirse al mecanismo causante, actuando en forma de prevención primaria o secundaria (Sorensen & Ay Hakan, 2011; Uchiyama, 2010). Por su parte, el ictus isquémico es el más frecuente, suponiendo un 80% del total de casos. Está ocasionado por una alteración cualitativa o cuantitativa de la irrigación a un territorio encefálico determinado, supone una alteración

funcional de duración mayor a 24 horas y produce necrosis tisular. Los ictus isquémicos pueden afectar a una pequeña área cerebral (ictus lacunares) o a un territorio arterial. Su repercusión funcional depende de la zona encefálica lesionada y de su magnitud (Jauch et al., 2013; Páez & Páez, 2014; Sacco et al., 2013). Los ictus lacunares, cuya extensión es menor a 15 mm de diámetro, afectan a las denominadas “arterias perforantes” del cerebro (lenticuloestriada, tálamo-perforante o paramediana del tronco cerebral) y generan síndromes característicos asociados a lesiones de los ganglios basales, de la cápsula interna o de la protuberancia. Por otra parte, el ictus hemorrágico supone un 20% de la incidencia y hace referencia a la extravasación de sangre dentro de la cavidad craneal debido a la rotura de un vaso sanguíneo, arterial o venoso. Sus causas, por orden de frecuencia, son malformaciones vasculares (aneurismáticas y arteriovenosas), yatrogenia (uso de fármacos anticoagulantes y estimulantes adrenérgicos), tóxicos del sistema nervioso central (como alcohol, cocaína y venenos), vasculopatías cerebrales, tumores primarios o metastásicos, y otras causas. Las hemorragias pueden ser subaracnoideas o intraparenquimatosas. Las secuelas derivadas de los ictus hemorrágicos dependen, como en el caso de los ictus isquémicos, de la zona cerebral lesionada, y de la extensión de la misma (Bonita, 1992; Sherin et al., 2005). La mortalidad en fase aguda siempre es mayor y más precoz en las lesiones hemorrágicas debido al desarrollo de hipertensión intracraneal y a la compresión del tronco cerebral.

Los factores de riesgo cardiovascular más importantes relacionados con el ictus son hipertensión arterial, consumo de tabaco o alcohol, diabetes mellitus, inactividad física, obesidad, hipercolesterolemia, fibrilación auricular y otras enfermedades cardíacas. La hipertensión arterial es probablemente el factor de mayor peso y su adecuado manejo reduce significativamente el riesgo de ictus (“Guía ESC/ESH 2018 Sobre El Diagnóstico y Tratamiento de La Hipertensión Arterial,” 2019). Por su parte, la fibrilación auricular multiplica por cinco el riesgo de padecer un ictus, siendo la causa subyacente en aproximadamente el 20% de los ictus isquémicos. Los ictus causados por fibrilación auricular son, además, más graves y se asocian a mayor mortalidad (John Camm et al., 2010). De forma similar a lo que ocurre con el manejo adecuado de los niveles

ensionales, la anticoagulación reduce significativamente la incidencia de ictus (Westerberg et al., 2015).

1.3.2. Epidemiología

La incidencia se define como el número de nuevos casos que aparecen de una enfermedad determinada en una población y en un periodo de tiempo determinado. La prevalencia incluye al total de casos que existen de una determinada enfermedad en una región dada y en un año dado (Mosby P., 2003).

Según la última encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia del Instituto Nacional de Estadística publicada en 2008, en España residen 420.064 personas con daño cerebral adquirido (Instituto Nacional de Estadística, 2008). Un 78% de los casos (327.650) son debidos a ictus, mientras que el 22% restante (92.414) son ocasionados por otras causas como los traumatismos craneoencefálicos, las anoxias, las infecciones cerebrales y los tumores, entre. La incidencia anual registrada en el periodo comprendido entre 2010 y 2012 fueron 104.702 nuevos casos anuales, de los cuales 99.284 corresponden a ictus, 4.937 casos a traumatismos craneoencefálicos y 481 casos a patología anóxica. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, el daño cerebral adquirido representa la tercera causa de muerte y la primera de discapacidad en los adultos en los países del primer mundo. Constituye uno de los problemas de salud más importantes debido, por un lado, al número de muertes que ocasiona y, por otro, a sus consecuencias definidas en términos de secuelas y discapacidad. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud donde se calcula la repercusión de la discapacidad ajustada a la esperanza de vida de la población, se determina el DALY⁸ como una medida para expresar los años de vida perdidos por una muerte prematura y los años de vida vividos con una gran discapacidad (Plass et al., 2013). Un DALY es un año de vida saludable perdido. Según este parámetro, los ictus ocuparían en 2020 el segundo lugar, y los traumatismos craneoencefálicos debidos a accidente de tráfico, el quinto.

⁸ Del inglés *disability adjusted life years*.

El ictus es la causa más frecuente de daño cerebral adquirido. Según los datos reportados por la encuesta IBERICTUS, la incidencia anual de ictus es de 187,4 casos por cada 100.000 habitantes, lo que supone un total de 71.780 nuevos casos anuales considerando la población española de 18 años o más a 1 de enero de 2018 (38.308.693 personas) (Díaz-Guzmán et al., 2012). Se prevé que dicha incidencia se incremente un 35% entre 2015 y 2035 debido, en gran parte, al aumento de la esperanza de vida de la población y a los cambios en el estilo de vida, que han generado un impacto en el crecimiento de los factores de riesgo cardiovascular (hipertensión, diabetes mellitus tipo 2, dislipemia, sobrepeso y obesidad, tabaquismo y sedentarismo). Según datos de la Encuesta Nacional de Salud de España de 2017, se estima que la prevalencia de ictus en España es del 1,7%, lo que equivaldría a 661.512 personas (Ministerio de Sanidad, 2017). Del total de altas hospitalarias por ictus producidas en España en 2017, el 54,6% correspondieron a hombres, y su número es mayor en los grupos de edad más avanzada. Sin embargo, esta relación se invierte a partir de la década de los 80 años, lo que refleja el perfil epidemiológico del ictus indicado en la literatura, más frecuente entre los varones, excepto en edades más avanzadas, debido, al menos en parte, a la mayor esperanza de vida de las mujeres.

Se estima que dos de cada tres personas que sobreviven a una lesión cerebral presentan algún tipo de secuela, en muchos casos discapacitantes (Sağlam & Güzeldir, 2016), lo que implica una pérdida de productividad en el caso de pacientes en edad laboral, una necesidad de rehabilitación y de cuidados, y un mayor consumo de recursos respecto al resto de la población. Estos datos ponen de manifiesto que el daño cerebral adquirido implica un problema sanitario y socio-económico tremendamente importante. Según datos oficiales, en 2017 se produjeron 26.937 defunciones por enfermedades cerebrovasculares. El ictus fue la segunda causa de muerte global en España, la tercera en hombres y la primera en mujeres. Los datos analizados arrojan una tasa de mortalidad asociada al ictus ajustada por edad de 25,1 muertes por cada 100.000 habitantes (28,7 en hombres y 21,9 en mujeres). Se prevé que el número de defunciones relacionadas con el ictus se incremente un 39% entre 2015 y 2035, debido, principalmente, al incremento de la incidencia mencionado anteriormente y al progresivo envejecimiento de la población (Cerezo & Cerezo, 2017).

1.3.3. Efectos en la atención

Tras un ictus pueden producirse múltiples déficits. Pueden darse de forma aislada o combinada y tienen diversos grados de intensidad, afectando a aspectos motores, sensitivos, cognitivos, conductuales, emocionales y/o psicolingüísticos. La repercusión que estos déficits tienen sobre la funcionalidad y el grado de participación del sujeto en sus actividades cotidianas depende de variables personales y ambientales, como la edad, aspectos socio-demográficos, la reserva cognitiva o la carga genética, y de factores clínicos vinculados a la lesión, como la extensión, localización o comorbilidades previas. (Bushnik et al., 2003). Por su parte, las alteraciones neuropsicológicas pueden afectar a diversos dominios cognitivos, como la memoria, la atención, la orientación, el funcionamiento ejecutivo, etc. (Girard et al., 1996). Estas alteraciones tienen un impacto significativo en las actividades de la vida diaria y en la calidad de vida percibida y son de difícil manejo ya que generan una elevada necesidad de asistencia (Langhorne et al., 2011; Sun et al., 2014).

Los procesos atencionales son especialmente vulnerables a las lesiones cerebrales debido a la compleja organización que precisan para su correcto funcionamiento. Algunos autores han descrito problemas atencionales hasta en el 80% de las lesiones, independientemente de su etiología (Niedermeyer, 1994). La integridad de las funciones atencionales es un requisito para poder completar con éxito la práctica totalidad de nuestras actividades cotidianas ya sean de tipo funcional, relacional o intelectual. Además de su alta prevalencia e implicación funcional, los problemas atencionales generados tras una lesión cerebral suelen perdurar a lo largo del tiempo, disminuyendo significativamente la calidad de vida de los afectados. Por todo ello, deben ser abordados de forma prioritaria dentro del proceso rehabilitador (Kwa et al., 1996; Mitchell et al., 2010; Nys et al., 2006).

Tal y como hemos visto en la sección anterior, la organización funcional de nuestro cerebro se fundamenta en la integridad de un complejo sistema interrelacionado de redes neurales de amplia escala que permiten la transferencia de información entre distintas regiones. Este sistema parece jugar un papel crítico en la eficiencia de los procesos

atencionales. En base a este modelo conectivista, se han descrito tres mecanismos diferenciados que pueden alterar su correcto funcionamiento: la lesión directa de los diferentes nodos que componen la red, un fallo en las conexiones entre los nodos, o una disfunción en los sistemas de neurotransmisión que emplean dichas redes para comunicarse entre sí. El estudio de los síndromes neuropsicológicos secundarios a lesiones vasculares circunscritas a regiones corticales ha permitido profundizar en la relación entre estructura y función. La mayoría de las investigaciones sobre las alteraciones atencionales secundarias a lesiones cerebrales focales se han centrado en el hemisferio derecho y en las regiones frontales y parietales por su implicación en las distintas redes atencionales. El síndrome de negligencia unilateral, asociado mayoritariamente a lesiones parietales derechas, es, sin duda, el ejemplo más característico y estudiado. Sin embargo, la mayoría de las alteraciones atencionales reflejan lesiones difusas y no se encuentran tan bien localizadas. Este es el caso, por ejemplo, de la enfermedad vascular de pequeño vaso, caracterizada por la afectación de sustancia blanca y relacionada, fundamentalmente, con un enlentecimiento en la velocidad de procesamiento (Rousseaux M. et al., 2002). Para describir las manifestaciones clínicas de las alteraciones en los distintos dominios atencionales, el presente trabajo seguirá la estructura jerárquica propuesta por el modelo clínico de Sohlberg y Mateer (Tabla 1). Desde una perspectiva clínica y siguiendo un gradiente de afectación creciente, los problemas en la esfera atencional de mayor severidad son las alteraciones del nivel de alerta o *arousal*. La alteración en el nivel de *arousal* o alerta tónica, bien sea por exceso o por defecto, debe interpretarse como una disfunción en el grado de actividad general del individuo. La disminución del nivel de alerta genera un continuo de situaciones patológicas de severidad variable que abarca desde procesos como la obnubilación, los cuadros confusionales o el delirium, hasta situaciones más graves como el estado de coma y las alteraciones del nivel de conciencia, como el síndrome de vigilia sin respuesta y el estado de mínima consciencia (Laureys et al., 2010) (Figura 8). La apertura ocular y, con ella, el restablecimiento del ciclo sueño-vigilia pone fin al periodo de coma y supone el comienzo para muchos pacientes de un complejo y largo recorrido hacia la recuperación funcional, el cual varía de unos a otros, tanto en su gravedad como en su duración.

Tabla 1. Modelo clínico de la atención

Proceso atencional	Definición
<i>Arousal</i>	Es la capacidad de estar despierto y de mantener la alerta. Implica la capacidad de seguir estímulos u órdenes. Es la activación general del organismo.
<i>Atención focal</i>	Habilidad para enfocar la atención a un estímulo visual, auditivo o táctil. No se valora el tiempo de fijación al estímulo. Se suele recuperar en las fases iniciales tras el traumatismo craneoencefálico. Al principio puede responderse exclusivamente a estímulos internos (dolor, temperatura, etc.).
<i>Atención sostenida</i>	Es la capacidad de mantener una respuesta de forma consistente durante un período de tiempo prolongado.
<i>Atención selectiva</i>	Es la capacidad para seleccionar, de entre varias posibles, la información relevante a procesar o el esquema de acción apropiado, inhibiendo la atención a unos estímulos mientras se atiende a otros. Los pacientes con alteraciones en este nivel sufren numerosas distracciones, ya sea por estímulos externos o internos.
<i>Atención alternante</i>	Es la capacidad que permite cambiar el foco de atención entre tareas que implica requerimientos cognitivos diferentes, controlando qué información es procesada en cada momento. Las alteraciones de este nivel impiden al paciente cambiar rápidamente y de forma fluida entre tareas.
<i>Atención dividida</i>	Capacidad de atender a dos cosas al mismo tiempo. Es la capacidad de realizar la selección de más de una información a la vez o de más de un proceso o esquema de acción simultáneamente. Es el proceso que permite distribuir los recursos de una misma tarea. Puede requerir el cambio rápido entre tareas, o la ejecución de forma automática de alguna de ellas.

Entre las alteraciones clínicas de menor severidad que afectan al nivel de alerta, podemos observar una menor reactividad al entorno, que puede manifestarse con una disminución de la cantidad y calidad del movimiento en forma de enlentecimiento psicomotor o incluso una acinesia pura y una falta de iniciativa y espontaneidad a la hora de interactuar o comunicarse con el otro, entre otras. Las alteraciones por exceso del nivel de alerta incluyen la agitación e inquietud psicomotora que se puede observar en sujetos con daño cerebral adquirido como consecuencia de una afectación relacionada con el control inhibitorio. Este tipo de comportamientos son frecuentes tras lesiones que implican anatómicamente o funcionalmente al córtex frontal, preferentemente. Aquellos pacientes que logran superar el estado de mínima conciencia suelen presentar importantes alteraciones en el resto de los dominios atencionales.

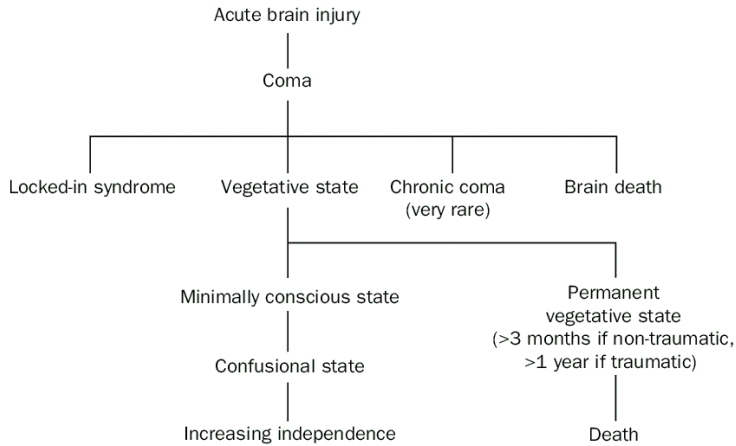


Figura 8. Entidades clínicas tras una lesión cerebral⁹

La mayoría de los sujetos con daño cerebral adquirido refieren dificultades para concentrarse, lentitud psicomotora y problemas a la hora de manejar información numerosa o realizar varias tareas de forma simultánea. Además, pueden presentar quejas atencionales subjetivas relacionadas con el enlentecimiento psicomotor, dificultades para seguir conversaciones, hilar pensamientos y realizar varias cosas a la vez (Cicerone et al., 2005). Adicionalmente, cuando las demandas de la tarea son elevadas, los pacientes refieren una alta fatigabilidad, disminuyendo su rendimiento atencional. Actividades que con anterioridad a la lesión se realizaban de forma automática requieren ahora de un proceso controlado conscientemente, que supone un mayor esfuerzo cognitivo. A todo ello hay que añadir la presencia de otros déficits cognitivos estrechamente relacionados con las alteraciones atencionales.

A continuación, en este modelo jerarquizado se encuentra la denominada “alerta fásica” o “vigilancia”, que supone la línea base necesaria para que otros dominios atencionales puedan desarrollarse. Un descenso de la vigilancia provoca una incapacidad para mantener un adecuado rendimiento en tareas prolongadas y con frecuencia se asocia al concepto de fatigabilidad. Se caracteriza por un aumento de los errores y fluctuaciones en el tiempo de reacción conforme avanza la ejecución de

⁹ Imagen extraída de Laureys, 2004.

una tarea sostenida en el tiempo (Mackworth, 1968). Los problemas de vigilancia tienen una especial relevancia e implicación funcional, ya que su integridad es necesaria para un correcto desempeño de las actividades cotidianas del sujeto.

La alteración de la atención selectiva genera dificultades para seleccionar la información relevante e inhibir distractores, tanto internos como externos. En este caso los sujetos se benefician de un entorno tranquilo y de la eliminación de distractores ambientales. Por ejemplo, en la práctica clínica si queremos que un sujeto con daño cerebral adquirido mantenga su atención en una tarea determinada, como puede ser la ingesta, eliminar los posibles distractores externos que puedan interferir (por ejemplo: apagar la televisión o la radio, evitar dar conversación, etc.). De este modo, se debería proceder a apagar la televisión o la radio y evitar darle conversación mientras realiza esa tarea. Para la detección de alteraciones de atención selectiva se han descrito diversas tareas como la tarea de orientación encubierta de Posner¹⁰ (Michael I. Posner et al., 1980), tareas de búsqueda visual (Mack & Eckstein, 2011) o el *attentional dwell time*¹¹ (Dux & Rentmarois, 2009).

Un déficit en la atención alternante se traduce en dificultades para cambiar rápidamente y de forma fluida el foco de atención entre tareas que implican requerimientos cognitivos diferentes. A los sujetos con este tipo de dificultades les resulta costoso cambiar la atención de una tarea a otra y retomar posteriormente la actividad anterior donde la habían dejado. Tienden a perseverar en la tarea inicial ante la imposibilidad de cambiar el foco atencional. Las dificultades para desengancharse de la alternativa inicial generan lentitud en la ejecución o procesamiento y suponen un

¹⁰ Tarea de atención encubierta de Posner. Este procedimiento consiste en presentar tres cuadrados que se distribuyen en la pantalla de forma horizontal, uno en el centro, y los otros de forma equidistante a la izquierda y a la derecha. La tarea del sujeto consiste en detectar un estímulo sencillo que puede aparecer en cualquiera de los cuadrados periféricos, pero que nunca aparece en el cuadrado central. Antes de la aparición de ese estímulo sencillo, aparece una señal que consiste en un cambio relevante en alguno de los tres cuadrados. En función de la relación entre el lugar de aparición de la señal y del estímulo objetivo tendremos tres tipos de ensayos: válidos, inválidos o neutros.

¹¹ *Attentional dwell time*. En esta tarea los sujetos deben identificar dos estímulos objetivos separados espacialmente cuando ocurren en rápida sucesión.

mayor esfuerzo cognitivo, lo cual, generalmente, se traduce en fatiga mental.

Por su parte, la atención dividida implica la capacidad para atender a diferentes tareas de forma simultánea. Al igual que ocurre con la atención alternante, los problemas de atención dividida son altamente prevalentes tras lesiones neurológicas y tienen una importante repercusión funcional, ya que en nuestra vida cotidiana la mayoría de las situaciones requieren de esa alternancia o división del foco atencional. Tal y como reflejan los modelos de capacidad limitada, el hecho de que el desarrollo de dos tareas simultáneas bien aprendidas o relativamente automatizadas no genere un descenso en el rendimiento o la eficiencia sugiere que las alteraciones en atención dividida podrían deberse a una limitación en la capacidad de atención ejecutiva. Por ello, los sujetos con dificultades en atención dividida mejorarán su rendimiento en tareas complejas en tanto que podamos fragmentarlas en subtareas o pasos que realizar de manera secuenciada.

Por último, y aunque no supone un dominio atencional específico contemplado en el modelo jerárquico expuesto, las alteraciones en la velocidad de procesamiento de la información son también altamente prevalentes en lesiones neurológicas, así como en el envejecimiento normal y en diversas patologías psiquiátricas como la esquizofrenia y la depresión mayor. Por definición, los problemas de velocidad de procesamiento conllevan una notable lentitud que puede aparecer tanto en el procesamiento de la información recibida, como en la generación de la respuesta. La práctica totalidad de las funciones cognitivas, especialmente aquellas tareas con requerimientos más exigentes, se ven afectadas por este tipo de dificultades. Por tanto, es importante discernir cuál es el papel que juega la velocidad de procesamiento en cada tarea o test durante la valoración neuropsicológica. Por ejemplo, la incapacidad que pueden presentar algunos pacientes para mantener la precisión en la detección de un estímulo relevante cuando el intervalo entre estímulos se reduce, sugiere que más que un déficit en atención sostenida, el problema puede estar relacionado con la limitación de la velocidad de procesamiento.

1.4. Rehabilitación neuropsicológica

1.4.1. Descripción general

La rehabilitación neuropsicológica es un proceso dinámico y complejo cuyo objetivo es reducir la severidad de las alteraciones cognitivo-conductuales secundarias a una lesión cerebral, así como el impacto funcional que éstas generan en las actividades cotidianas del sujeto. Los procesos de rehabilitación deben centrarse preferentemente en las limitaciones funcionales, estableciendo un orden de prioridades y considerando, como punto de partida, las habilidades conservadas. Unánimemente, se asume que la rehabilitación neuropsicológica requiere de la acción conjunta y coordinada de profesionales de distintas especialidades clínicas y sanitarias que, adoptando un modelo transdisciplinar, abordan al paciente desde una perspectiva integral. La rehabilitación neuropsicológica incluye un amplio abanico de acciones y actividades, entre las que se incluyen no sólo los programas de restitución y compensación de los déficits cognitivos, sino también aspectos relacionados con la modificación de conducta, los programas de intervención formativos, informativos y de apoyo con las familias, y los procesos de reinserción y reintegración socio-laboral o académica.

Cicerone define la rehabilitación cognitiva como el conjunto de estrategias de intervención terapéutica, sistemática y funcional centradas en la evaluación y comprensión de los déficits de los diferentes dominios cognitivos, las cuales están destinadas a reducir su severidad, teniendo en cuenta los problemas emocionales, conductuales y psicosociales generados tras una lesión cerebral (Cicerone, 2005). Incluye la aplicación de procedimientos y técnicas, así como la utilización de apoyos, con el fin de que la persona afectada pueda retomar de la manera más segura, productiva e independiente posible sus actividades cotidianas (Mateer & Sira, 2006; Stincer, 2008). Los objetivos de la rehabilitación cognitiva son múltiples: restituir las funciones cognitivas que se han visto alteradas como consecuencia de la lesión cerebral; compensar la desventaja generada por las limitaciones derivadas de la lesión y que impiden un desarrollo funcional acorde a su edad, sexo y otros factores socioculturales; reducir al máximo la repercusión de las deficiencias derivadas del daño cerebral

adquirido en diferentes actividades; educar e integrar a la familia en el proceso terapéutico para mejorar el manejo de situaciones cotidianas; y, por último, alcanzar el máximo grado de autonomía e independencia del paciente, con el fin de facilitar su adaptación e integración social, académica y/o laboral, consiguiendo una mayor participación y mejorando la calidad de vida del paciente y de su familia.

Siguiendo el enfoque clásico de Mateer, dentro de los principios a tener en cuenta para la práctica clínica se establece que la rehabilitación cognitiva debe ser individualizada, personalizada, intensiva, precoz y con metas funcionales, relevantes y realistas (Mateer & Sira, 2006). En primer lugar, debe estar centrada en el individuo, ajustada a su situación clínica y funcional, y focalizada en torno a sus intereses, inquietudes y necesidades personales. La intervención debe iniciarse de forma precoz para guiar y potenciar los efectos de la plasticidad cerebral y su intensidad y duración debe adecuarse a las capacidades del sujeto. Desde una perspectiva transdisciplinar, el plan terapéutico no debe enfocarse únicamente a la mejora del déficit, sino que debe dirigirse a metas y resultados que sean funcionalmente relevantes para el individuo y mejoren su grado de participación en las actividades cotidianas. El programa debe incorporar diversas perspectivas y aproximaciones basadas en modelos teóricos de relevancia clínica, y valorar y adaptar cada técnica o procedimiento a las necesidades concretas de cada paciente. Debe estar organizado jerárquicamente y ser dinámico, de forma que los objetivos, las técnicas y los procedimientos empleados sean revisados periódicamente para ajustarse a las necesidades del paciente en cada momento. El punto de partida debe ser una exhaustiva valoración neuropsicológica, que debe complementarse con la historia clínica y social del sujeto. A partir de estos datos podremos definir un perfil neuropsicológico individualizado y determinar un nivel de funcionalidad, tanto en el ámbito individual como social, que nos permitirá priorizar necesidades, establecer objetivos funcionales, significativos y realistas y seleccionar las técnicas y los procedimientos específicos más pertinentes. La planificación de un programa de intervención individualizado, personalizado y dinámico, capaz de adaptarse a las necesidades de cada sujeto en las distintas fases del proceso, será la clave de su eficacia.

En el ámbito de la rehabilitación cognitiva, Oliver Zangwill describió tres abordajes terapéuticos: restauración, compensación y sustitución (Zangwill, 1947). Estas técnicas fueron desarrolladas posteriormente por autores como Alexander Luria, George Prigatano o Bárbara Wilson, sentando con ellas las bases de la neurorehabilitación.

Las técnicas de restauración están dirigidas a la restitución de la función cognitiva afectada y consisten en el entrenamiento, práctica y repetición de actividades sistemáticas diseñadas para tal fin. Generalmente, este conjunto de actividades se basan en la recuperación y el fortalecimiento de las habilidades perdidas mediante el ejercicio y la práctica repetida, ya sea a través de tareas de lápiz y papel o mediante el uso de nuevas tecnologías (Stincer, 2008). El entrenamiento repetitivo y sistemático tiene como objetivo activar las redes neurales responsables de los procesos cognitivos afectados, favoreciendo su reorganización funcional a través de los mecanismos de plasticidad cerebral. Algunas estrategias como proporcionar *feedback* periódico y continuo sobre la ejecución de las tareas han demostrado aumentar la efectividad de estas técnicas (Cicerone, 2005).

Cuando no es posible restaurar la función alterada se emplean las técnicas sustitutorias o compensatorias, con el fin de minimizar el impacto funcional de los déficits. El principio de sustitución implica el empleo de estrategias alternativas funcionales que, a priori, emplean otras rutas cerebrales y se fundamentan en otros procesos psicológicos preservados para desempeñar la función perdida. Utilizar una habilidad intacta para suplir una dañada es uno de los procedimientos más exitosos en rehabilitación neuropsicológica (Barbara A. Wilson et al., 2017). Habitualmente, estas técnicas se emplean cuando la afectación de la función cerebral es tan marcada que no puede ser restaurada, por lo que se deben utilizar otras funciones cerebrales conservadas y optimizarlas para que asuman el rol de la función cerebral dañada. Este proceso implica, por tanto, la reorganización de las redes corticales asociadas a las tareas. Los cambios que se producen a nivel neuronal dependen del tamaño y localización de la lesión, pero también del tamaño del circuito afectado por la lesión, del grado de conectividad dentro de la red y de la experiencia y la práctica realizada (I. H. Robertson et al., 1996). Este proceso puede

ocurrir espontáneamente sin intención explícita del paciente o bien a lo largo del proceso rehabilitador con la guía del neuropsicólogo (Barbara A. Wilson et al., 2017). Por su parte, las técnicas compensatorias hacen uso de estrategias o métodos alternativos que reemplazan la función dañada y minimizan el impacto de los déficits presentes. Su objetivo es proporcionar una mayor funcionalidad a la persona y requieren una reeducación específica (Barbara A. Wilson et al., 2017). Algunas de estas estrategias compensatorias, como el uso de ayudas externas, el entrenamiento en habilidades específicas y estrategias metacognitivas y la modificación ambiental, han demostrado su eficacia en el ámbito de la rehabilitación cognitiva. En general, la eficacia de las técnicas compensatorias depende de la adecuada selección del tipo de ayuda en función del nivel cognitivo del paciente y de su iniciativa para darle un uso adecuado. Una vez instauradas, es imprescindible el aprendizaje sistemático de su manejo, tanto por parte del paciente como de los familiares o cuidadores.

A la hora de determinar las técnicas o estrategias a implementar, se deben considerar aspectos relacionados con la lesión y sus consecuencias más allá del ámbito cognitivo y otros factores como la presencia de déficits asociados, las limitaciones funcionales derivadas de la lesión, la conciencia de enfermedad o la capacidad de autorregulación. Finalmente, todo programa de rehabilitación debe contemplar factores contextuales (situación familiar, social, etc.) por su influencia en el éxito o fracaso del programa.

1.4.2. Rehabilitación de la atención

La atención influye en la capacidad de aprendizaje de nueva información y en el óptimo funcionamiento del resto de procesos cognitivos (Muriel Deutsch Lezak et al., 2012; TD. & Lee, 2005), siendo además un factor determinante en la recuperación, no sólo cognitiva, sino también motora y funcional después de un daño cerebral adquirido (Ben-Yishay et al., 2012; Blanc-Garin, 1994). La elevada incidencia de problemas atencionales que se generan tras una lesión cerebral se ha relacionado tanto con la severidad de los déficits funcionales resultantes, como con otros aspectos relevantes, como la reinserción socio-laboral, la calidad del sueño, la

frecuencia de aparición de fatiga, la intensidad y frecuencia de los problemas de conducta y la calidad de vida en general (Lishman, 1984; Sivan et al., 2010). En consonancia con estos datos, no es de extrañar que los pacientes con severas alteraciones atencionales se beneficien menos de los programas de rehabilitación, mostrando una recuperación más lenta y unos resultados más pobres (Barbara A. Wilson et al., 2017; Wood & Eames, 2017). Debido a su importante repercusión funcional, la rehabilitación de los procesos atencionales constituye una diana terapéutica que debe ser abordada de forma específica y prioritaria dentro de los programas de neurorrehabilitación (Baddeley, 1996; Tim Shallice & Burgess, 1991).

De acuerdo a Portellano y colaboradores, a la hora de diseñar un programa terapéutico dirigido al entrenamiento de las capacidades atencionales, se deben tener en cuenta algunas consideraciones (Konno et al., 2006). En primer lugar, el entrenamiento de los distintos procesos atencionales debe ser secuencial y acorde a su nivel de complejidad. Es decir, se debe comenzar por los dominios atencionales más básicos, como el nivel de alerta o la atención sostenida, para, una vez superados, abordar los aspectos más complejos, como la atención alternante, selectiva y dividida. Segundo, en los estadios más agudos se deben plantear tareas y ejercicios de corta duración con el fin de evitar los efectos de la fatiga y la escasa capacidad de inhibición de distractores. Para aprovechar los momentos de mayor concentración, las sesiones deben comenzar con las tareas de mayor complejidad, dejando las más sencillas para cuando el nivel de fatiga haya aumentado. Tercero, en las alteraciones más severas, hay que proporcionar un ambiente tranquilo y libre de distractores, simplificar las instrucciones y reducir la cantidad de información suministrada. Cuarto, para favorecer las mejoras y la motivación se debe adecuar la dificultad de la tarea para ajustarla al perfil atencional del sujeto, evitando tareas cuya complejidad exceda a sus capacidades. Además, se deben realizar tareas variadas y significativas para el paciente, adaptándolas, en la medida de lo posible, a su entorno natural. Finalmente, se debe proporcionar *feedback* sobre la ejecución realizada y el grado de eficiencia alcanzado, empleando sistemas de registro de resultados.

1.4.2.1. Herramientas convencionales

Como se ha descrito anteriormente, la rehabilitación de los procesos atencionales puede abordarse a través de diversos enfoques como el entrenamiento en habilidades específicas, el uso de soportes y ayudas compensatorias, la modificación del entorno y la autogestión. La elección de la técnica o estrategia así como cuándo y cómo utilizarlas dependerá de diversos factores como la severidad de la afectación que presenta el paciente, su nivel cognitivo, la respuesta a la intervención y el grado de conciencia de déficit, así como la fase del proceso de rehabilitación en la que se encuentre (Nathan & Scobell, 2012).

Las técnicas de restauración en la rehabilitación de la atención implican un entrenamiento directo basado en la repetición controlada y sistemática de tareas y ejercicios cuya demanda atencional aumentará paulatinamente, comenzando por los niveles atencionales más básicos y progresando hacia los más complejos (Konno et al., 2006; Michel & Mateer, 2006; Pero et al., 2006). El entrenamiento directo supone la activación y estimulación repetida de las redes atencionales, optimizando su funcionamiento y facilitando mejoras en los distintos dominios atencionales (Michel & Mateer, 2006). A nivel neuroanatómico, se genera un incremento en la actividad metabólica de las redes neurales estimuladas, que repercute en modificaciones beneficiosas en la conectividad interneuronal, la neurogénesis, la mielogénesis y la neurotransmisión cerebral (Konno et al., 2006). La evidencia publicada sugiere que, para maximizar los efectos del entrenamiento, los profesionales clínicos deben combinar las estrategias de entrenamiento directo, proporcionar un *feedback* continuo sobre la ejecución, usar tareas secuenciadas jerárquicamente y seleccionar ejercicios específicos que se adecuen al perfil atencional del paciente (Michel & Mateer, 2006). En el caso de las lesiones más severas, se recomienda el uso de material sencillo de tipo manipulativo (encajables, ábacos, puzzles, rompecabezas y dominós) y tareas de lápiz-papel, con el objetivo de favorecer la focalización de la atención sin que ello suponga un sobreesfuerzo cognitivo. Conforme mejore el nivel atencional del paciente, es posible incrementar la dificultad de las tareas, aumentando el número de estímulos y la complejidad del material, limitando el tiempo de ejecución, o introduciendo algún tipo de distractor

o estímulo irrelevante. A medida que las capacidades mejoran, el tratamiento debe centrarse en tareas ecológicas que favorezcan el incremento de su funcionalidad e independencia.

Las técnicas compensatorias tratan de mitigar las dificultades atencionales minimizando los déficits y su consecuente repercusión funcional. Este abordaje, basado en los programas de modificación y control conductual de autores como Luria (Smith, 1967) y Meichenbaum (Meichenbaum, 1979), incluye el entrenamiento en habilidades específicas, el aprendizaje de estrategias metacognitivas para gestionar las dificultades atencionales, la modificación del entorno y la utilización de ayudas externas (Konno et al., 2006; Nathan & Scobell, 2012). Todos estos programas contemplan acciones como reducir la dificultad de las tareas, estructurarlas y secuenciarlas en pasos, evitar las interrupciones y los distractores, y, además, protocolizar la supervisión para facilitar la reducción de los tiempos de ejecución y mejorar la eficacia a la hora de desempeñar las tareas. Por su parte, el uso de estrategias metacognitivas, como el entrenamiento en auto-instrucciones¹², puede ayudar a focalizar la atención en las tareas y a controlar mejor los distractores en los pacientes que cuentan con la suficiente capacidad cognitiva para llevarlas a cabo (Paul-Lapedriza et al., 2011). La modificación del entorno o el espacio físico puede reducir la sobrecarga atencional, mnésica y ejecutiva de las tareas, facilitando su realización. Proporcionar espacios libres de distractores y emplear señales, rótulos o sistemas de clasificación y orden, son algunos ejemplos de estrategias a implementar. Es importante ofrecer a familiares y cuidadores pautas básicas, como propiciar periodos de descanso, evitar la sobreestimulación, favorecer un entorno tranquilo y facilitar la estructuración de sus actividades cotidianas, así como el establecimiento de rutinas. Para que la modificación ambiental resulte efectiva, se requiere un detallado estudio del entorno del paciente, con el fin de lograr la mayor adecuación posible entre necesidades y modificaciones ambientales (Paul-Lapedriza et al., 2011). Respecto a las ayudas externas, el uso de sistemas electrónicos puede reducir el impacto

¹² El entrenamiento en auto-instrucciones es una estrategia metacognitiva cuyo objetivo es favorecer la autorregulación de la conducta a través de la instauración o modificación del diálogo cuando lo que el sujeto se dice a sí mismo supone una interferencia en la ejecución de una tarea específica o presenta dificultades.

funcional de los déficits atencionales más severos (Portellano-Pérez & García Alba, 2014). Dispositivos como agendas, calendarios, relojes, móviles o grabadoras de voz pueden ayudar al paciente a organizar la información y a iniciar la actividad, así como guiar su desarrollo. Su efectividad va a depender de una elección cuidadosa del tipo de ayuda y del entrenamiento sistemático de su uso, tanto con el paciente como con familiares y cuidadores. La elección del tipo de ayuda más adecuada depende de factores como el nivel cognitivo, la presencia de alteraciones motoras o perceptivas que limiten su manejo, las preferencias del usuario y la implicación de familiares o cuidadores para integrar y potenciar su manejo en el contexto extrahospitalario (B. A. Wilson et al., 2001).

Adicionalmente al entrenamiento cognitivo, la evidencia publicada sugiere la eficacia del ejercicio físico y otras estrategias terapéuticas no farmacológicas para mejorar el funcionamiento cognitivo en personas mayores, tanto en condiciones sanas como patológicas (Blankevoort et al., 2010; Heyn et al., 2008). Diversas publicaciones han demostrado el efecto positivo del ejercicio aeróbico y el entrenamiento en resistencia física en la mejora de la atención selectiva, la memoria, la velocidad de procesamiento y el funcionamiento ejecutivo en adultos con déficits cognitivos moderados (Baker et al., 2010; van Uffelen et al., 2008). El incremento en el flujo sanguíneo cerebral (Ruitenberg et al., 2005) y la angiogénesis (Rhyu et al., 2010) secundaria al ejercicio físico, parece ser el sustento neurobiológico que justifique esta mejoría en el funcionamiento cognitivo. En esta misma línea, el entrenamiento en tareas duales se ha empleado exitosamente en la rehabilitación de los procesos atencionales complejos, combinando tareas con distintos requerimientos cognitivos e incluso con tareas motoras (Law et al., 2014; Liu-Ambrose et al., 2010; Ohsugi et al., 2013; Yokoyama et al., 2015).

Entre los modelos desarrollados para la rehabilitación de los procesos atencionales, los dos que han suscitado mayor interés en la literatura son el modelo de rehabilitación de la orientación (Ben-Yishay et al., 1987) y el *attention process training* (Tyndel, 2002), ambos ampliamente documentados y estructurados. El modelo de rehabilitación de la orientación, desarrollado por Ben Yishay y colaboradores, está fundamentado en la concepción de los procesos atencionales de Posner, y

consta de cinco objetivos diferenciados que se van entrenando de forma progresiva (Ben-Yishay et al., 1987): primero, que el paciente atienda y reaccione de forma consistente ante los distintos estímulos ambientales, ofreciendo un *feedback* inmediato sobre su ejecución; segundo, aumentar la velocidad de procesamiento ante los estímulos presentados mediante ejercicios donde se valore y registre el tiempo de respuesta; tercero, optimizar el control atencional, la capacidad de inhibición de respuestas y la conciencia sobre los procesos atencionales a través de la localización, identificación y discriminación de diferentes estímulos; cuarto, mejorar la estimación temporal, entrenando tareas como el cálculo del tiempo transcurrido desde una determinada señal, o la estimación del tiempo que va a invertir en la realización de una tarea concreta; y, finalmente, en la última etapa enseñar al sujeto a sincronizar sus respuestas con ciertos ritmos que debe aprender y anticipar. Requiere la interiorización de lo aprendido y el control atencional, atendiendo de forma dividida a estímulos internos y externos.

Por otro lado, el programa de entrenamiento atencional *attention process training*, descrito por Sohlberg y Mateer, se fundamenta en una estructura jerárquica que contempla cinco dominios: atención focalizada, atención sostenida, atención selectiva, atención alternante y atención dividida (Sohlberg & Mateer, 1987). Consiste en una estimulación directa a través de ejercicios graduados por dominio atencional y nivel de dificultad. La complejidad aumenta de manera progresiva a medida que se consiguen los objetivos planteados en los dominios más básicos. Tareas de cancelación para la atención sostenida, la inclusión de distractores auditivos personalizados para la atención selectiva, atender auditivamente a un tipo de palabra para luego dirigir la atención a otro tipo o combinar la lectura comprensiva de un párrafo mientras se atiende selectivamente a una palabra concreta, son algunas de las tareas propuestas por los autores. Posteriormente, se han desarrollado dos nuevas versiones del programa, que incluyen ejercicios con una mayor validez ecológica (Tyndel, 2002). Los autores recomiendan el entrenamiento atencional directo en combinación con entrenamiento metacognitivo basado en *feedback*, estrategias de uso y auto-monitorización para pacientes subagudos con afectaciones moderadas y vigilancia intacta. Usando una línea base múltiple a través de un diseño de caso único, Sohlberg y colaboradores

reportaron resultados específicos en medidas atencionales, los cuales se generalizaron a otros problemas cognitivos y medidas funcionales y que, además, se mantuvieron entre cinco y ocho meses tras la finalización del entrenamiento (Sohlberg & Mateer, 1987, 1989).

1.4.2.2. Herramientas tecnológicas

El exponencial avance tecnológico experimentado durante las últimas décadas ha favorecido la inclusión de las nuevas tecnologías en el campo de la neurorrehabilitación, ofreciendo alternativas terapéuticas a los abordajes tradicionales. En el ámbito cognitivo, el entrenamiento informatizado, los videojuegos, la realidad virtual (RV), las aplicaciones móviles o *apps* y la telemedicina han supuesto una prometedora alternativa a los programas de rehabilitación convencional. Estas herramientas permiten diseñar programas personalizados que potencian los principios neurológicos de plasticidad cerebral: ejercicios repetitivos, intensivos y orientados a tareas específicas en entornos ecológicos, ricos y motivantes (Langhorne et al., 2009). Además, aportan flexibilidad, mejoran la motivación, implicación y adherencia al tratamiento y acortan los tiempos de rehabilitación (M. Lee et al., 2016; Palmese & Raskin, 2000),

Aplicaciones informáticas

La rehabilitación cognitiva informatizada emplea recursos informáticos y multimedia específicos con el objetivo de mejorar el funcionamiento cognitivo (Cicerone et al., 2008; De Luca et al., 2018). Ha demostrado su efectividad en el tratamiento de las alteraciones cognitivas debidas al envejecimiento y en poblaciones clínicas como el daño cerebral adquirido, la esquizofrenia y la demencia (Gontkovsky et al., 2002; Lynch, 2002; McGurk et al., 2007; Stern et al., 2000). Dentro de las posibles herramientas, encontramos aplicaciones específicas y plataformas web que cuentan con una batería de ejercicios y tareas graduables en dificultad y que permiten la individualización del entrenamiento para adecuarlo al perfil neuropsicológico del usuario. Suelen ser herramientas fácilmente adaptables al entorno terapéutico, de bajo coste y sencillo manejo, y ofrecen datos objetivos y cuantificables que permiten la monitorización de la ejecución y la evolución de las capacidades cognitivas entrenadas.

Además, facilitan la accesibilidad al tratamiento, ya que a la mayoría de ellas se puede acceder de forma remota desde el propio domicilio del usuario. Estas herramientas aportan un componente lúdico que mejora la motivación y la adherencia al tratamiento (Middleton et al., 1991; Reuter & Schönle, 1998).

Los programas informáticos diseñados para entrenar funciones ejecutivas y atencionales han ganado popularidad en los últimos años, especialmente en las poblaciones de mayor edad, en un esfuerzo de frenar el deterioro cognitivo propio del envejecimiento y mejorar el funcionamiento cognitivo. La literatura actual señala su potencial en pacientes con distintas afecciones neurológicas (De Luca et al., 2018) ya que, frente a la rehabilitación convencional, la rehabilitación cognitiva informatizada puede generar mayores ganancias en diferentes dominios como la atención, la memoria y el aprendizaje verbal y auditivo (Yoo et al., 2015).

Respecto a las herramientas desarrolladas en el ámbito terapéutico, *Rebacom* (Hasmed GmbH, Magdeburg, Alemania) es un *software* de neurorehabilitación cognitiva diseñado para el entrenamiento de diversos dominios cognitivos que ha demostrado su validez clínica en diversas poblaciones (Campbell et al., 2016; Fernández et al., 2012; Yoo et al., 2015). Entre otras, posee herramientas para entrenar atención y concentración, memoria, tiempo de reacción, funciones ejecutivas y pensamiento lógico, y permite la personalización de distintos parámetros (duración de las sesiones, número de estímulos y repeticiones, velocidad de respuesta y tipos de refuerzos, etc.) con el fin de ajustarlos al perfil del usuario. Cho y colaboradores investigaron los cambios en las ondas cerebrales, la atención y la memoria en adultos con ictus usando este dispositivo y obtuvieron diferencias significativas en memoria y atención, así como en el nivel de activación de los lóbulos frontales y parietales (Cho et al., 2015). Otros sistemas como *Cogmed QM* (CogmedSystems AB, Estocolmo, Suecia), pese a no haber sido diseñados específicamente para el entrenamiento atencional, también reportan mejoras en este ámbito. Se trata de una aplicación informática diseñada para mejorar la memoria operativa a través de un entrenamiento intensivo y sistematizado. Los resultados obtenidos en las investigaciones publicadas sugieren que las

mejoras obtenidas en memoria de trabajo generalizan a otros dominios, como la atención ejecutiva y la capacidad de inhibición (Cabeza & Nyberg, 2000).

Además de estos sistemas multidominio, existen herramientas informáticas específicamente diseñadas para el abordaje de las alteraciones atencionales en diversas poblaciones. Teniendo en cuenta que los distintos dominios atencionales pueden verse alterados de forma selectiva después de una lesión cerebral, contemplan un entrenamiento específico para cada uno de estos dominios. El *Attention Process Training-3* es un programa informático específicamente diseñado para el entrenamiento atencional de pacientes con daño cerebral adquirido. Incluye una batería de tareas jerarquizadas para trabajar los distintos dominios atencionales. Concretamente, el programa aborda la atención sostenida, selectiva y alternante, la memoria de trabajo y la capacidad de inhibición. Los autores señalan que un entrenamiento en tareas atencionales mejora el funcionamiento ejecutivo en general, aportando un sustrato estable y eficiente para otras habilidades cognitivas (Walter Sturm & Willmes, 1991). Por su lado, Sturm y colaboradores desarrollaron *Aixtent* (Walter Sturm & Willmes, 1991), un programa de entrenamiento informatizado específico para el abordaje de cuatro dominios atencionales: alerta, vigilancia, atención selectiva y atención dividida (W Sturm et al., 2003). Los entornos fueron diseñados en base a situaciones cotidianas o lúdicas, como la conducción, simulación de vuelo o un viaje, en las que la dificultad de las tareas se gradúa automáticamente en función de la ejecución del usuario. Un estudio valoró la eficacia del programa en sujetos con ictus en fase crónica que presentaban dificultades atencionales, mostrando mejorías derivadas del entrenamiento específico en aspectos relacionados con la intensidad, como la alerta y la vigilancia, si bien también se observaron mejoras en atención dividida (W Sturm et al., 2004). Un estudio longitudinal con sujetos con lesiones hemisféricas derechas demostró que un entrenamiento empleando este programa indujo cambios en las redes funcionales implicadas en el nivel de alerta, evidenciados mediante pruebas de neuroimagen. Los autores señalaron la importancia de partir de un diagnóstico amplio y preciso de los dominios atencionales afectados para poder diseñar programas específicos acordes a las necesidades del paciente (Walter Sturm et al., 2004).

Realidad virtual

Otro de los enfoques empleados para la rehabilitación atencional es el uso de la realidad virtual, que supone una herramienta terapéutica interesante, segura, interactiva, centrada en la persona y relativamente económica (Burdea, 2003; Fritz et al., 2013; Taylor et al., 2011). La realidad virtual se define como una simulación interactiva de un entorno real en dos o tres dimensiones (Lucia et al., 2010) ,y supone la sustitución de estímulos provenientes del mundo real por estímulos sintéticos generados por ordenador. Permite proporcionar experiencias adaptadas a cada paciente ajustando la intensidad del tratamiento y la dificultad de la tarea en un entorno seguro y controlado y recreando situaciones cotidianas que son potencialmente peligrosas o que pueden ser difíciles de replicar en la práctica clínica (Edmans et al., 2009). La capacidad de la realidad virtual para crear entornos tridimensionales, inmersivos, dinámicos y naturales, en los cuales es posible registrar la conducta y la interacción del sujeto, ofrece al campo de la neurorrehabilitación una opción de valoración y rehabilitación que no es posible con la metodología tradicional. La realidad virtual se ha empleado de forma eficaz en la rehabilitación en distintos dominios cognitivos y diferentes poblaciones clínicas (Christiansen et al., 1998; Pugnetti et al., 1998; Rizzo & Galen Buckwalter, 1997; Wann et al., 1997). En el ámbito terapéutico, es posible diferenciar dos tipos de aplicaciones: los programas de realidad virtual específicamente diseñados con fines terapéuticos y los videojuegos comerciales que pueden emplearse en algunos contextos terapéuticos. Los dispositivos comerciales, pese a que son una opción económica y de sencillo manejo, no suelen considerar los aspectos cognitivos, fisiológicos y motores de la recuperación neurológica y pueden carecer de la escalabilidad en la dificultad requerida (Duff et al., 2010).

Rizzo y colaboradores analizaron las ventajas de la aplicación de la realidad virtual en el ámbito neuropsicológico (Rizzo et al., 2004). Uno de sus puntos fuertes radica en la capacidad para desarrollar y controlar estímulos dinámicos e interactivos en un entorno inmersivo. Permite la presentación sistemática de estímulos de forma jerarquizada, de manera que la complejidad de la tarea se adecue a las habilidades del usuario. Es capaz de generar escenarios de rehabilitación y valoración con una mayor

validez ecológica¹³. Además, permite recrear la complejidad de estímulos propios de la vida real mientras se mantiene el control experimental requerido para la rigurosidad científica y la replicación de las condiciones empleadas. Así, los resultados obtenidos pueden tener potencialmente una mayor relevancia clínica, validez predictiva y un nexo más directo con los enfoques terapéuticos, tanto restaurativos como funcionales. La realidad virtual es capaz de aportar un *feedback* inmediato en distintas formas y modalidades sensitivas y permite, además, el uso de interfaces accesibles adaptados a las posibles limitaciones sensoriomotoras del usuario. Posibilita el entrenamiento de habilidades complejas, como la conducción o el cruce de calles, manteniendo las condiciones de seguridad. Además, la introducción de elementos de gamificación¹⁴ en los desarrollos virtuales ha permitido mejorar la motivación y la adherencia al tratamiento, incitando a un mayor número de repeticiones (Jack et al., 2001; Laver et al., 2011).

Existen numerosos estudios que investigan el impacto funcional de los déficits cognitivos en las actividades de la vida diaria en pacientes neurológicos usando esta tecnología (Albani et al., 2002; Ku et al., 2016). Los resultados sugieren que la validez ecológica favorece la generalización de los resultados a la funcionalidad cotidiana (Arthur et al., 1997; Regian et al., 1992; Waller et al., 1998). Desde esta perspectiva, Rizzo y colaboradores desarrollaron un sistema de realidad virtual para valorar y entrenar las alteraciones atencionales en sujetos con trastorno por déficit de atención e hiperactividad, basado en el modelo clínico de Sohlberg and Mateer, simulando una clase virtual (Rizzo et al., 2006). Por su parte, Gamito y colaboradores investigaron la eficacia de una aplicación de realidad virtual para la rehabilitación neuropsicológica de pacientes con ictus mediante el entrenamiento de actividades de la vida diaria, mostrando mejoras significativas en atención y memoria (Gamito et al., 2017). Siguiendo esta misma línea, un estudio piloto de Rand y colaboradores emplearon un supermercado virtual con cuatro pacientes con ictus, resultando ser una herramienta útil para la rehabilitación de la multitarea

¹³ La validez ecológica se define como la relación funcional y predictiva que se establece entre la ejecución del sujeto en la exploración neuropsicológica y la conducta de éste en situaciones de la vida diaria (Sbordone, 1996).

¹⁴ La gamificación es el uso de elementos de los juegos y de su propio diseño para contextos no relacionados con ellos

(Rand et al., 2009). Siguiendo esta misma línea, se han desarrollado diversos entornos ecológicos como un supermercado virtual (Rand et al., 2009) a incluso una ciudad (Faria et al., 2016), donde se han obtenido ganancias funcionales con validez ecológica en las tareas entrenadas.

1.5. Motivación

1.5.1. Definición

La motivación es el proceso que inicia, guía y mantiene las conductas orientadas a lograr un objetivo o a satisfacer una necesidad (Kuhl, 2000). Las teorías motivacionales hacen referencia a la dirección, el vigor y la persistencia de las acciones del individuo (Atkinson et al., 1967). Esto es, cómo el comportamiento se inicia, se vigoriza, se mantiene, se dirige y se para, y qué tipo de reacciones subjetivas están presentes en el organismo cuando todo este proceso está en funcionamiento (Hope, 1989). La motivación implica diversos procesos como son la toma de decisiones o elección de objetivos, la regulación de la activación, la regulación de la propia motivación y de la regulación de la autoeficacia percibida (Kehr, 2004). En una primera fase, denominada preintencional, tiene lugar la elección de objetivos o la toma de decisiones que van a implementarse en un estadio posterior. Una vez seleccionado el objetivo, la regulación de la activación supone la puesta en marcha de la acción dirigida a ese objetivo. La regulación de la motivación es necesaria para perseverar en su realización y la autoeficacia percibida condiciona el nivel de constancia y esfuerzo invertidos (Bandura et al., 2001; Forstmeier & Maercker, 2007).

Se han propuesto numerosas teorías para explicar la motivación humana, pero no existen metaanálisis sólidos que nos permitan extraer conclusiones ampliamente consensuadas. Sin embargo, la mayoría de los modelos explicativos reconocen tres mecanismos o factores interrelacionados, a partir de los cuales podemos explicar el estado motivacional del sujeto: la motivación intrínseca, la motivación extrínseca y los aspectos vinculados al propio sujeto. Todas ellas interaccionan e influyen en nuestra percepción, sentimientos, cognición y conducta (Besche-Richard & Perruchet, 2004).

La motivación intrínseca es la que se deriva del acto de participación en sí mismo y no se encuentra vinculada al fin o al resultado de la participación. En este caso, las actividades son reforzadoras en sí mismas e inherentemente placenteras. El juego, autotélico por definición, resulta un buen ejemplo de actividad vinculada a la motivación intrínseca. Cuando estamos intrínsecamente motivados ante una tarea, nuestro rendimiento es mayor (Reiss, 2012). La teoría de autodeterminación es el marco teórico dominante para su estudio y sostiene que la motivación intrínseca permite un óptimo funcionamiento, desarrollo social y bienestar (Sheldon et al., 2003). Además, postula la existencia de tres necesidades psicológicas innatas que son la base de la motivación intrínseca: la competencia, la autonomía y la relación (R. M. Ryan & Deci, 2000b). La competencia es la capacidad para desarrollar o alcanzar unos objetivos específicos y se encuentra vinculada al deseo de tener el control y dominar el entorno. Cuando nos enfrentamos a un reto o desafío óptimo buscamos oportunidades para adquirir nuevas habilidades y aptitudes que nos permitan prosperar y mejorar para alcanzar nuestros objetivos. Por su parte, la autonomía se refiere al sentido de elección significativa, autoexpresión y volición. Se entiende como la necesidad del sujeto de tomar sus propias decisiones y la voluntad de realizar o no una tarea. Por último, la relación se refiere principalmente a la necesidad de sentirse afiliado a otros, es decir, respetado, atendido y cuidado.

La motivación extrínseca es aquella que se genera por el propósito de la actividad, es decir, cuando hacemos algo para obtener una calificación o una recompensa, evitar un castigo, complacer a otros o por alguna otra razón que tiene poco que ver con la tarea (R. M. Ryan & Deci, 2000a). Como marco de referencia, se encuentra el condicionamiento operante, una técnica psicológica empleada para modificar la conducta a través de un proceso de refuerzo sistemático con unas reglas bien definidas (Pritchett & Mulder, 2004). Según el enfoque conductista, aprendemos implícitamente al asociar a un estímulo determinado un refuerzo, ya sea gratificante o aversivo. Las recompensas de nuestro entorno actúan como reforzadores positivos aumentando la frecuencia del comportamiento que condujo a la ganancia de recompensa. Por el contrario, los refuerzos aversivos o castigos inducen una reducción de la frecuencia del comportamiento que lo ha originado.

Por último, los aspectos relacionados con el propio sujeto como son sus necesidades, inquietudes, intereses y rasgos de personalidad determinan unas habilidades motivacionales características. Estas habilidades motivacionales, que se estructuran a lo largo de la vida, condicionan los hábitos de vida, las experiencias a las que el individuo se ha enfrentado, su desarrollo intelectual y laboral, y las relaciones interpersonales establecidas, entre otras. Por ejemplo, los sujetos que posean una personalidad más inquieta o curiosa mostrarán una mayor motivación para enfrentarse a nuevos retos y desafíos. Del mismo modo, los sujetos con rasgos de personalidad competitiva percibirán de una manera más positiva la experiencia en una intervención grupal, donde tengan que competir con otros usuarios, que aquéllas en las que tengan que realizar las tareas de forma individual.

1.5.2. Motivación y daño cerebral

Tras una lesión cerebral una de las dificultades que se describen con mayor frecuencia es la pérdida o falta de motivación. Los sujetos refieren haber perdido el motor de arranque y sus familiares a menudo experimentan una inmensa frustración ante la falta de iniciativa mostrada por el individuo ya que, en la mayoría de las ocasiones, supone un fuerte contraste con sus rasgos de personalidad previos. El síndrome de apatía, la falta de iniciativa y espontaneidad, la indiferencia y la ausencia de reactividad emocional se han descrito en relación a lesiones de las áreas dorsal, medial y dorso-lateral superior del lóbulo frontal (Stuss, Donald T., Gow, C. A., & Hetherington, 1992) y de la región prefrontal ventromedial (Barrash et al., 2000). Sin embargo, al igual que la atención y la emoción, la motivación no es una función simple del cerebro y existen múltiples razones que podrían explicar los cambios motivacionales experimentados por los sujetos. La falta de motivación puede ser el resultado primario de una lesión cerebral o un problema secundario derivado de otros síntomas, como la ausencia de conciencia de enfermedad. Asimismo, puede estar relacionada con un bajo estado de ánimo debido a la pérdida de funcionalidad e independencia, a un ritmo de evolución más lento de lo deseable e incluso a factores socio-ambientales, como el prolongado período de tiempo que los afectados suelen pasar institucionalizados (Marin et al., 2005).

La motivación se ha descrito como un factor condicionante del comportamiento y de la capacidad adaptativa de los sujetos que han sufrido una lesión cerebral, un proceso degenerativo u otras enfermedades neuropsiquiátricas (Marin & Wilkosz, 2005). Investigadores de diversos ámbitos como la neuropsicología, la psiquiatría, la rehabilitación y la terapia ocupacional, identifican la motivación como un factor determinante en los resultados de la rehabilitación (Al-Adawi et al., 1998; Bottino et al., 2002; Maclean & Pound, 2000; Michael I. Posner & Petersen, 1990). La pérdida de motivación se manifiesta con una escasa adherencia al proceso terapéutico, así como con dificultades para participar en actividades de la vida diaria, como la vuelta al trabajo, la relación con sus familiares y las actividades de ocio (Oddy et al., 2008). Supone una importante fuente de discapacidad en los pacientes y de sobrecarga para los familiares (Marsh et al., 1998), obstaculiza el proceso de rehabilitación (Finset & Andersson, 2000) y contribuye a una pérdida de autonomía y participación social (Mazaux et al., 1997).

En este sentido, Forstmeier y colaboradores desarrollaron el concepto de reserva motivacional para referirse a un conjunto de habilidades motivacionales que actúan como neuroprotección frente a lesiones cerebrales (Forstmeier & Maercker, 2007). Se trata de una forma de reserva cerebral que permite al individuo tolerar los cambios neuropatológicos vinculados a la edad y a las lesiones cerebrales sin que se produzcan manifestaciones clínicas (Fratiglioni & Wang, 2007; Valenzuela & Sachdev, 2006). La reserva motivacional facilita el entrenamiento mental a lo largo de la vida y puede ser esencial para establecer la reserva cognitiva. Las mayores habilidades motivacionales se asocian a una mejor capacidad de aprendizaje (Orbell, 2003), a mayores logros educacionales y ocupacionales (Luszczynska et al., 2005), a un mejor manejo del estrés (Orbell, 2003) y a la adopción de hábitos de vida más saludables (Tangney et al., 2004). Los resultados finales del entrenamiento durante la vida son redes cerebrales más eficientes, plásticas y adaptativas, lo que se traduce en un mejor funcionamiento en las personas de edad.

1.5.3. Patogénesis

La disfunción neurológica que genera una falta de motivación puede abordarse en términos anatómicos, fisiológicos y bioquímicos. Anatómicamente, el cíngulo anterior, el núcleo *accumbens*, el *pallidum* ventral, el núcleo dorso-medial del tálamo, y el área tegmental ventral son las estructuras más importantes para establecer y mantener el estado motivacional. Todos ellos constituyen el denominado circuito cortico-estriado-pálido-talámico (Marin, 1996; Mega et al., 1997; Tekin & Cummings, 2002) que se encarga de regular la motivación (Figura 9). Estos sistemas pueden verse afectados por una patología, como una contusión o una hemorragia, o por cambios más sutiles, como el daño axonal difuso, las lesiones hipóxicas y las alteraciones microvasculares. Una alteración de este circuito cerebral puede producir mutismo acinético, abulia o apatía, en función de la severidad de la disfunción (Marin, 1997; Mega et al., 1997). Otro aspecto clave para modificar la motivación es el valor de la recompensa. El significado que otorgamos a la recompensa es determinado por neuronas de varias regiones del prosencéfalo, el área tegmental ventral, el cuerpo estriado, el núcleo *accumbens*, el córtex prefrontal orbital y dorsolateral, la corteza cingular anterior y la amígdala (Schultz, 2000). La modificación del estado de motivación depende de la amígdala, el hipocampo, el córtex prefrontal y el sistema límbico (Heimer, 2003).

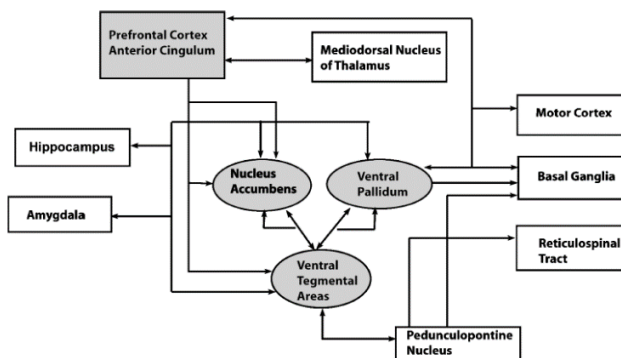


Figura 9. Circuito cerebral motivacional¹⁵

¹⁵ Imagen extraída de R. S. Marin et al., 2005.

Respecto a los factores bioquímicos, las redes dopaminérgicas y glutaminérgicas son esenciales en el circuito motivacional. La actividad dopaminérgica juega un papel central en la recompensa, la búsqueda de la novedad y la respuesta a los acontecimientos inesperados (Schultz, 1998, 2000). Diversos estudios reflejan una afectación de la actividad dopaminérgica tras lesiones cerebrales (Levin & Kraus, 1994; Lombardi, 2008) y otras alteraciones bioquímicas que incluyen cambios en los niveles de glutamato, acetilcolina, neuropéptidos y radicales sin oxígeno. Su implicación, directa o indirecta, en los circuitos motivacionales hace que las terapias farmacológicas sean un elemento clave para el abordaje terapéutico (Atkinson et al., 1967).

1.5.4. Motivación y neurorrehabilitación

Dado que la neurorrehabilitación es un proceso que habitualmente se extiende en el tiempo, los programas de intervención deben intentar aumentar la motivación de los pacientes para implicarlos en el proceso terapéutico y mejorar, en consecuencia, la adherencia al tratamiento y los resultados. En este sentido, perspectivas y modelos integrativos de diversos campos como la educación, la medicina y la psicología clínica señalan que la motivación debe ser un aspecto clave a la hora de diseñar abordajes terapéuticos individualizados y eficaces (Bandura et al., 2001; Dai & Sternberg, 2004; Karoly, 1993). Para ello, tal y como se describió anteriormente, en su diseño debemos considerar aspectos relacionados con el tipo de intervención o actividad, que definen la motivación intrínseca y extrínseca, así como factores vinculados al propio sujeto, como inquietudes, necesidades o personalidad. La historia psicosocial del paciente puede indicar una línea base respecto al nivel motivacional y la capacidad de superación que caracterizan su personalidad adulta. Es importante tener en cuenta la enorme variabilidad en los logros, intereses, objetivos e inquietudes que pueden tener los individuos, así como la influencia que la experiencia personal, la educación, la clase social, la cultura y la edad tienen sobre éstos.

Respecto al tipo de intervención, numerosos estudios señalan la conveniencia del uso de terapias intensivas para acelerar la recuperación tras una lesión cerebral (Carey et al., 2002; Nudo et al., 1996). Sin embargo,

los pacientes a menudo refieren aburrimiento cuando tienen que desarrollar un entrenamiento repetitivo durante un período prolongado de tiempo (Bryanton et al., 2006; Lewis & Rosie, 2012). El uso de intervenciones gamificadas se ha propuesto como alternativa para superar este hándicap. Los enfoques tradicionales de rehabilitación han usado el juego como técnica para incrementar la constancia en la actividad y el tiempo invertido durante el tratamiento, esperando que esto se traduzca en mejores resultados. La evidencia científica sugiere que los videojuegos son una manera efectiva de mejorar la motivación de los pacientes con ictus (Swanson & Whittinghill, 2015). Los pacientes motivados se entrenan durante períodos más largos y de forma más intensa, mostrando un mayor cumplimiento de la terapia (M. Friedrich et al., 1998). Sin embargo, a pesar de que existe cierta evidencia de que los pacientes prefieren las terapias basadas en el juego, no existe la certeza de que consigan mejores resultados que los proporcionados por la terapia tradicional. A menudo, las revisiones se han centrado en el uso de la tecnología, más que en el juego como herramienta terapéutica (Laver et al., 2011; Lohse et al., 2014). En este sentido, Saywell y colaboradores describen mejoras significativas del juego frente a una intervención convencional empleando la misma cantidad de tiempo (Saywell et al., 2017). Asimismo, se ha demostrado que el aprendizaje mejora cuando aumenta la atención dirigida a la tarea, por lo que las mejoras encontradas en estudios basados en la gamificación podrían ser el resultado del incremento del esfuerzo y de la atención dedicada al tratarse de una tarea divertida (Levin-Epstein, 2007). Malone y colaboradores identificaron la curiosidad como uno de los principales impulsores de la participación del usuario en el juego, ya sea por el interés evocado por la búsqueda de sensaciones nuevas, o por el deseo de adquirir nuevos conocimientos (Malone & Lepper, 1987).

Distintos estudios han investigado qué características intrínsecas del juego influyen en la motivación experimentada por el sujeto, resaltando aspectos como la adaptación de la dificultad (Mánica S. Cameirão et al., 2010), la significación de las tareas (Luker et al., 2015), el *feedback* sobre la ejecución y la progresión (Alankus et al., 2011; Mainetti et al., 2013), la usabilidad del dispositivo (Saposnik et al., 2010), la modalidad de juego (individual o grupal), y el tipo de interacción social tanto con los

profesionales como con otros usuarios (Abuhamdeh & Csikszentmihalyi, 2012; Alankus et al., 2010).

En cuanto a la adaptación de la dificultad de la tarea a las capacidades del sujetos, diversos estudios han destacado la relevancia de este factor para generar y mantener la motivación del paciente (Mánica S. Cameirão et al., 2010; Colombo et al., 2007; Garris et al., 2002; Mihelj et al., 2012). La teoría del flujo define el concepto de flujo como el estado o sensación de implicación total que alcanza un individuo en la actividad que está realizando con un elevado nivel de disfrute y realización (Figura 10)(Mihaly Csikszentmihalyi, 2014b). La experiencia del usuario durante el juego se modula a través del desafío planteado y el nivel de habilidades requeridas. Según esta teoría, una persona percibirá positivamente la experiencia cuando exista un equilibrio entre la dificultad de la tarea y sus habilidades. La dificultad de las tareas debe ser lo suficientemente elevada para que suponga un reto o desafío, pero debe posibilitar su consecución para evitar la frustración del usuario. Por esta razón, es necesario que la tarea planteada y el tiempo disponible para completarla estén equilibrados (von Ahn & Dabbish, 2008). En el caso de tareas complejas y exigentes, éstas pueden ser divididas en subtareas más simples y alcanzables (Linehan et al., 2011). La teoría del flujo identifica cuatro características que deberían tener las actividades o tareas para facilitar el estado de flujo. Así, las actividades deben tener reglas y objetivos definidos, deben ser capaces de modificarse o adaptarse para adecuarse a las capacidades y habilidades individuales, deben ofrecer un *feedback* claro sobre la ejecución y progresión del sujeto, y deben aportar un entorno óptimo para la concentración, evitando distracciones (M. Csikszentmihalyi & Rathunde, 1992). De acuerdo a esta teoría, el nivel de disfrute podría ser un indicador de la idoneidad del nivel de dificultad para los participantes con ictus agudo (Minyoung Lee et al., 2016). Este equilibrio entre las habilidades del sujeto y la dificultad de la tarea puede maximizar la intensidad de las terapias de larga duración, lo que podría acelerar la recuperación funcional tras un ictus (Kwakkel, 2006). Como se ha comentado previamente, otro elemento potencialmente motivante en la rehabilitación, es la modalidad de la actividad y la interacción social derivada de una intervención multiusuario, tanto entre el paciente y el terapeuta (Johnson et al., 2006) como entre pacientes (Flores et al., 2008).

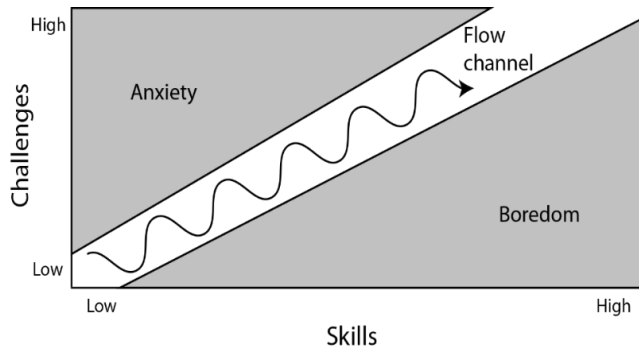


Figura 10. Teoría del flujo

En el ámbito de la neurorrehabilitación, numerosas investigaciones avalan la eficacia de las intervenciones individualizadas basadas en el juego, bien sea a través de dispositivos robóticos o de sistemas de realidad virtual (Mónica S. Cameirão et al., 2016; Parker et al., 2014). Recientemente, han comenzado a emplearse intervenciones gamificadas grupales con el objetivo de aumentar la motivación de los usuarios. Estas intervenciones se fundamentan en el hecho de que tanto la competición como la cooperación son importantes fuentes de motivación intrínseca para tratar de aumentar la motivación en sí misma, el esfuerzo y la intensidad de las intervenciones individuales (Malone & Lepper, 1987). Además, la interacción social que se produce durante las actividades incentiva la diversión y mejora la experiencia subjetiva de los usuarios, lo que incrementa, a su vez, la adherencia al tratamiento (Gajadhar et al., 2008). Así lo confirma una revisión sistemática que concluye que la interacción social derivada de la intervención grupal puede influir positivamente en la experiencia percibida y en el rendimiento (Baur et al., 2018). Esta interacción puede abarcar desde una conversación hasta algún tipo de contacto físico y su efecto positivo puede aumentarse integrando en la tarea estímulos provenientes de distintos canales sensoriales (hápticos, visuales, auditivos y/o verbales) (Baur et al., 2018).

Dentro de las intervenciones grupales hay diversas modalidades en función del rol de los distintos jugadores, como la competición, la colaboración y la cooperación. En la modalidad competitiva dos usuarios o dos equipos compiten entre ellos por un determinado objetivo. En la modalidad colaborativa los jugadores del mismo equipo cuentan con roles

semejantes y un objetivo común. Finalmente, en la modalidad cooperativa cada uno de los miembros del grupo debe realizar una contribución necesaria para la consecución del objetivo, también común a todos. Se han observado mejores resultados al añadir la competición a los videojuegos comerciales frente a otras modalidades de juego debido al aumento del compromiso y la implicación en la tarea (Ede et al., 2015). La competición entre grupos de participantes puede inducir, adicionalmente, una motivación individual debido al incentivo estratégico que supone la colaboración con otros jugadores para ganar la competición (Bornstein et al., 2002). Además, este tipo de intervención hace que la contribución de cada individuo resulte más significativa, especialmente cuando sirve de instrumento para lograr el objetivo del grupo.

Recientes estudios sobre motivación e intervenciones grupales competitivas muestran que jugar con un compañero más capaz, bajo las demandas de una tarea conjuntiva, incrementa el esfuerzo realizado en comparación con realizarla de forma individual (Irwin et al., 2013; Samendinger et al., 2015). Las tareas conjuntivas son aquéllas en las que la actuación del equipo está determinada por la actuación del miembro menos capaz. Este incremento de la motivación, inferido por un aumento del esfuerzo en el desarrollo de la tarea, se conoce como el efecto *Köbler* (Osborn et al., 2012). Este efecto se basa en una comparación social ascendente, entendida como la motivación por alcanzar o superar el desarrollo de compañeros más capaces, y en la indispensabilidad, entendida como la contingencia entre el desempeño de uno y el resultado del grupo. Estudios posteriores sugieren que este efecto motivacional se mantiene incluso cuando se crean compañeros de equipo virtuales, controlados por una inteligencia artificial, que muestren actitudes y comportamientos humanos (Nass et al., 1999). En esta línea de trabajo, Moss y colaboradores estudiaron la influencia de compañeros virtuales en la persistencia en la tarea y los resultados mostraron que los sujetos que estaban con un compañero de equipo virtual persistieron más tiempo que aquéllos que la realizaron de manera individual (Moss et al., 2018). Por su parte, Goršič y colaboradores analizaron cómo el tipo de oponente puede influir en el rendimiento y la motivación, concluyendo, por una parte, que los sujetos prefieren la competición entre humanos frente a la competición contra entidades virtuales, y, por otra parte, que competir individualmente

en compañía de alguien (un terapeuta, por ejemplo) resulta menos interesante y divertido, y se emplea menos esfuerzo que cuando se compete con humanos (Goršič et al., 2020). De estas investigaciones puede deducirse que la simple interacción social, como la requerida al competir contra un ente virtual en compañía, no implica necesariamente una experiencia intensa y divertida, por lo que definir el tipo de interacción social es un factor especialmente relevante en el juego.

En las intervenciones cooperativas, los sujetos refieren una mayor motivación y compromiso con el objetivo del equipo frente a intervenciones individuales (Feltz et al., 2014). En esta modalidad, se sugiere que un nivel de habilidad comparable entre los usuarios evita el estrés y el aburrimiento y se traduce en un nivel de desafío significativo que puede llevar al estado de flujo (Mihaly Csikszentmihalyi, 2014a). El modo cooperativo puede resultar aún más motivador si los miembros del equipo son conocidos (por ejemplo, familiares o amigos), por lo que suele ser la opción de elección. Además, la motivación en el modo cooperativo puede incrementarse con el diseño de tareas conjuntivas a través del efecto *Köbler*. Es decir, un miembro de un equipo con un nivel de habilidad inferior desempeña mejor la tarea en grupo de lo esperable acorde a su nivel de habilidad (Baur et al., 2018).

Novack y colaboradores compararon las modalidades de juego individual, competitivo y colaborativo en términos de motivación, teniendo en cuenta los rasgos de personalidad y las preferencias individuales (Novak et al., 2014). Los autores concluyeron que la modalidad grupal tiene el potencial de hacer más divertida la rehabilitación, lo cual puede traducirse en una mayor intensidad de la misma. El estudio demostró que los participantes prefirieron la modalidad grupal frente al abordaje individual, ya que les permitía hablar e interactuar con otros participantes. Además, tanto la modalidad competitiva como la colaborativa se percibieron como más interesantes y divertidas que la versión individual y, el modo competitivo obtuvo mayores puntuaciones en esfuerzo e importancia. El tipo de intervención grupal elegida, competitiva o colaborativa, mostró una gran dependencia de factores asociados al sujeto. Así pues, la personalidad del sujeto permitió predecir la modalidad favorita de cada caso con una probabilidad

de acierto del 82%. Los autores sugieren que los sujetos que son competitivos y que muestran una buena tolerancia a la frustración, podrían mostrar reacciones más positivas ante una situación competitiva que aquellos sujetos que tienden a sentirse molestos fácilmente o que no les gusta la competición.

Todos estos estudios evidencian la complejidad del diseño de intervenciones terapéuticas gamificadas, puesto que sus particularidades pueden afectar a la motivación de los pacientes. Independientemente de la rehabilitación, los juegos competitivos y colaborativos pueden ser considerados como divertidos o frustrantes dependiendo de las características del juego y de la personalidad de cada sujeto (Schmierbach et al., 2012; Song et al., 2013). Aquéllos con una escasa tolerancia a la frustración pueden sentirse molestos perdiendo en un juego competitivo, y algunos, simplemente, podrían no divertirse en un juego competitivo (Song et al., 2013). Los juegos colaborativos y cooperativos podrían ser, pese a ello, una opción igualmente interesante en la rehabilitación. Sin embargo, existe un potencial beneficio en las intervenciones competitivas, puesto que una experiencia más intensa puede traducirse en una mayor intensidad en el ejercicio (Schmierbach et al., 2012). En definitiva, se debería considerar los rasgos de personalidad de los sujetos a la hora de valorar de qué tipo de intervención se van a beneficiar más los mismos.

1.6. Limitaciones

Pese a la marcada repercusión funcional de las alteraciones atencionales tras un ictus, existe un limitado número de estudios que investigan la eficacia de la rehabilitación de los procesos atencionales. La literatura publicada al respecto muestra que la mayor parte de las intervenciones no están destinadas específicamente a los procesos atencionales. Más bien, la intervención se centra en el funcionamiento cognitivo en general, cuya mejora se espera que tenga un efecto sobre los déficits atencionales (Cicerone, 2005; Cicerone et al., 2011). Prueba de ello es que la última revisión Cochrane dedicada a la rehabilitación de los procesos atencionales, y cuyo objetivo era actualizar los datos de una revisión realizada 6 años antes, determinó la ausencia de nuevos estudios clínicos controlados y controlados aleatorizados que pudieran incluirse (Loetscher

et al., 2019). Esta revisión, que incluye únicamente seis estudios, señala una clara necesidad de mejoras metodológicas. En primer lugar, la mayor parte de los estudios publicados cuentan con muestras pequeñas y heterogéneas. En segundo lugar, las intervenciones empleadas suelen ser también muy heterogéneas y no están descritas con la suficiente precisión como para permitir su reproducción. Además, pese a que existe una escasa generalización de las mejoras de un dominio atencional a otro, la mayor parte de los estudios ofrecen intervenciones globales que no incluyen el entrenamiento específico de los distintos dominios atencionales (Walter Sturm et al., 1997). En este sentido, la personalización de las intervenciones al perfil neuropsicológico del paciente ha demostrado ser un factor clave en la eficacia alcanzada. En tercer lugar, existe una amplia variedad de medidas con muy diversos niveles de especificidad. Los beneficios clínicos derivados de las intervenciones se han estudiado mediante escalas y test clínicos generales y la mayoría de los estudios no incluyen medidas de validez ecológica que nos ayuden a cuantificar las ganancias funcionales de las intervenciones diseñadas. Todo ello dificulta la interpretación y extrapolación de los resultados.

Respecto a las nuevas tecnologías, pese al notable aumento de su uso en los últimos años y a su probado potencial clínico, su aplicación a la rehabilitación de los déficits atencionales tras un ictus se limita a escasos estudios que presentan diversas limitaciones vinculadas principalmente a la muestra y al tipo de intervención. Deberían considerarse aspectos como el nivel de familiaridad con el uso de las nuevas tecnologías y las preferencias del sujeto respecto al tipo de intervención. Ambas variables podrían tener una clara influencia en la experiencia percibida y en la motivación y, consecuentemente, en la implicación y la adherencia al tratamiento. En este sentido, a pesar de la demostrada preferencia de los sujetos sobre las intervenciones grupales, la mayoría de los estudios existentes se centran en intervenciones individuales. Además, se desconoce el efecto del componente competitivo en la rehabilitación de la atención y cómo aspectos individuales de personalidad afectan a la efectividad del tratamiento. Finalmente, si bien diversos estudios apuntan a la potencial efectividad de las intervenciones competitivas, se desconocen las causas neurofisiológicas y los cambios plásticos cerebrales que podrían sustentar estas mejorías.

1.7. Hipótesis y objetivos

1.7.1. Hipótesis

1.7.1.1. Hipótesis principal

La hipótesis principal de este trabajo fue que la rehabilitación de los déficits atencionales derivados de un accidente cerebrovascular mediante una intervención grupal específicamente diseñada, combinando herramientas convencionales y tecnológicas administradas de manera competitiva, resultaría más efectiva que una intervención con las mismas herramientas administradas de manera no competitiva.

1.7.1.2. Hipótesis secundarias

Las hipótesis secundarias de este trabajo se enumeran a continuación.

Primero, la intervención competitiva, además de proporcionar mayores beneficios funcionales a los participantes, resultaría más motivante que la intervención no competitiva.

Segundo, la efectividad y motivación de ambas intervenciones, competitiva y no competitiva, estaría modulada, por la competitividad de los participantes.

Tercero, los efectos derivados de la intervención competitiva podrían evidenciarse en la actividad eléctrica cerebral asociada a los procesos atencionales entrenados.

Finalmente, dichos efectos derivados de la intervención competitiva podrían evidenciarse, igualmente, en las características morfológicas de las estructuras cerebrales asociadas a los procesos atencionales entrenados.

1.7.2. Objetivos

Para responder a las hipótesis descritas se plantearon los siguientes

objetivos.

1.7.2.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo fue determinar la efectividad de una intervención grupal específicamente diseñada para la rehabilitación de los déficits atencionales derivados de un accidente cerebrovascular, combinando herramientas convencionales y tecnológicas administradas de manera competitiva, en comparación con una intervención con las mismas herramientas, administradas de manera no competitiva.

1.7.2.2. Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios de este trabajo se enumeran a continuación.

Primero, determinar y comparar la motivación experimentada durante ambas intervenciones.

Segundo, describir la influencia de la preferencia individual por la competición en la efectividad y motivación de ambas intervenciones, definida por la capacidad de mediación de este rasgo de personalidad en dichos dominios.

Tercero, examinar los efectos derivados de la intervención competitiva en la actividad eléctrica cerebral asociada a los procesos atencionales entrenados.

Finalmente, investigar los efectos derivados de la intervención competitiva en las características morfológicas de las estructuras cerebrales asociadas a los procesos atencionales entrenados.

2. Materiales y métodos

Capítulo 2

Materiales y métodos

2.1. Participantes

2.1.1. Criterios de participación

Fueron candidatos a participar en el estudio del presente trabajo todos los pacientes que, tras sufrir un ictus, se encontraban recibiendo rehabilitación multidisciplinar en el Servicio de Neurorrehabilitación del Hospital Vithas Valencia al Mar (Valencia), del Hospital Vithas Sevilla Aljarafe (Sevilla) y en el Centro de Daño Cerebral Vithas Vinalopó (Elche). En el período comprendido entre junio del 2017 y abril del 2018 se realizó un muestreo no aleatorio de casos consecutivos atendiendo a los criterios de inclusión y exclusión expuestos a continuación.

Los criterios de inclusión fueron: ictus diagnosticado mediante prueba de neuroimagen; cronicidad mayor o igual a 6 meses; dificultades atencionales definidas por una puntuación total inferior al valor normativo ajustado a la edad del *D2 Test of Attention* (Brickenkamp, 2002); adecuado

nivel cognitivo definido por una puntuación mayor a 23 en el *Mini Mental State Examination* (Folstein et al., 1983); capacidad para leer y escribir; e inclusión en el programa de rehabilitación multidisciplinar por un período mayor o igual a 3 meses.

Los candidatos fueron excluidos si presentaban alguna de las siguientes condiciones: alteración de la comprensión auditiva que limitara su capacidad para comprender las instrucciones de las tareas, definida por una puntuación <45 en el *Mississippi Aphasia Screening Test* (Romero et al., 2012); alteraciones visuales severas; alteración motora del miembro superior que comprometiera su capacidad de interacción con los instrumentos de la intervención, definida por un estadio menor a 3 en la Escala Brunnstrom (SHAH, 1984); síndrome de negligencia unilateral, definido por una puntuación mayor a 129 en el *Behavioral Inattention Test* (B. Wilson et al., 1987); y alteraciones emocionales o conductuales que afectaran a su nivel de colaboración.

Adicionalmente, se excluyeron de las exploraciones neurofisiológicas a los participantes que habían sufrido una crisis epiléptica sin control farmacológico en el mes previo a las exploraciones. Igualmente, se excluyeron de las exploraciones neuroanatómicas a los participantes que eran portadores de marcapasos, válvulas cardíacas, implantes metálicos (placas o tornillos), e implantes cocleares por los posibles efectos adversos de la exposición a los altos campos magnéticos de la técnica de resonancia magnética utilizada en estas exploraciones. Tampoco pudieron participar en estas exploraciones aquellos participantes que no disponían de medios propios para desplazarse hasta el centro donde se realizaron.¹⁶

Se estimó un tamaño mínimo de 44 participantes para alcanzar una potencia estadística de 0.95 y un tamaño del efecto de 0.25, permitiendo una de tasa de abandono del 20%.

¹⁶ Las exploraciones neuroanatómicas se llevaron a cabo en la Unidad de Radiología y Radiodiagnóstico del Hospital Clínica Benidorm (Benidorm, España).

2.1.2. Consideraciones éticas

Este estudio se realizó cumpliendo los principios éticos aprobados por la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y fue previamente aceptado por el Comité Ético de Hospitales Vithas (NI116282DAV0/3). El estudio se registró en *clinicaltrials.gov* (NCT02220816) (Noe & Llorens, 2014). Antes de su inclusión, todos los participantes firmaron un consentimiento informado donde se exponían los objetivos del estudio, así como los protocolos de exploración, valoración e intervención

2.2. Instrumentación

2.2.1. Herramientas de intervención

Para el presente estudio se diseñaron dos intervenciones, una competitiva y otra no competitiva, que combinaron ejercicios gamificados e interactivos a través de un sistema multitáctil y ejercicios convencionales tipo lápiz-papel. Todos los ejercicios fueron específicamente diseñados para entrenar diversos dominios atencionales como la atención sostenida, selectiva y dividida y la velocidad de procesamiento, implicando también otros aspectos cognitivos como la memoria de trabajo y la capacidad de inhibición. En ambas intervenciones se equiparó la carga de trabajo asignada para cada dominio atencional.

2.2.1.1. Ejercicios gamificados

Se emplearon varias reproducciones de un sistema multitáctil diseñado a efecto del estudio, que cuenta con ocho ejercicios interactivos específicamente diseñados para el abordaje terapéutico de las alteraciones atencionales.

El sistema multitáctil está compuesto por una pantalla LCD convencional de 42" insertada en una mesa rectangular y orientada en el plano horizontal (paralelo al suelo). La pantalla proporciona *feedback* visual y auditivo a los participantes. Sobre la pantalla se encuentra fijado un

marco multitáctil capaz de detectar hasta 32 toques simultáneos y que permite la interacción de los usuarios con el sistema (Figura 11). El sistema se diseñó para permitir la interacción simultánea de cuatro participantes, situados en los extremos de la mesa, lo cual ha resultado en un alto grado de usabilidad (Llorens et al., 2015).



Figura 11. Diferentes vistas del sistema multitáctil

El *hardware* de los sistemas que se utilizaron en el estudio estuvo compuesto por un ordenador IntelCore E7400 a 2.8GHz con una memoria RAM de 3GB, una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 9800 GT y un sistema operativo Windows 7. Los elementos físicos del sistema se diseñaron cumpliendo los estándares de accesibilidad para permitir la participación de personas con sillas de ruedas y con un espacio suficiente alrededor de la superficie de interacción para poder descansar el brazo con el que no se interactúa. Todos los elementos interactivos se diseñaron, igualmente, para mantener un tamaño considerable, y permitir así la participación de personas con coordinación brazo-mano alterada.

Se diseñaron ejercicios gamificados interactivos multitáctiles, que incluyeron distintas tareas enmarcadas como diferentes deportes, eventos y escenarios olímpicos, con cada juego enfocándose en una combinación específica de funciones atencionales y otras habilidades cognitivas, como la memoria de trabajo y la capacidad de inhibición. Los ejercicios se muestran e interactúan en cuatro áreas de interacción triangulares separadas en el sistema multitáctil. Cada área se muestra orientada hacia un lado diferente del sistema multitáctil, donde debe situarse cada participante (Figura 12).

Durante la realización de los ejercicios cada participante puede

visualizar en su área de interacción el escenario del ejercicio y, en los ejercicios que así lo requieren, botones para interaccionar con los mismos¹⁷. Además, un marcador aporta información instantánea sobre el tiempo restante, así como un *feedback* extrínseco de la actuación de cada jugador, basado en el número de aciertos y de fallos.



Figura 12. Área de interacción y disposición de los participantes

Al final de cada ejercicio, se otorgan puntos a cada usuario, de acuerdo con su desempeño individual. En el modo competitivo, la retroalimentación extrínseca proporcionada durante los juegos incluye también la posición provisional en relación con los otros participantes. También exclusivo del modo competitivo, después de cada juego, el sistema muestra una ceremonia de podio virtual, seguida de una imagen de una pista de atletismo, con distintos atletas que representan a los participantes (Figura 13). Los atletas avanzan en la pista de acuerdo con las actuaciones que han tenido los participantes durante los ejercicios. Específicamente, el ganador avanza cuatro casillas, el subcampeón avanza tres, y así sucesivamente. En caso de empate, los usuarios logran la misma puntuación y, en consecuencia, avanzan el mismo número de casillas. De esta manera, el objetivo final de una sesión de entrenamiento en modo competitivo consiste en avanzar la máxima distancia posible por la pista de atletismo. Para lograr este objetivo los participantes deben interactuar con los distintos ejercicios con la mejor actuación posible para obtener los máximos puntos posibles. La pista de atletismo proporciona, por tanto,

¹⁷ Todos los juegos, excepto el juego público, presentaban personajes de dibujos animados practicando deportes que los usuarios controlaban tocando botones virtuales, con el objetivo de lograr el mejor rendimiento posible en el evento virtual. Durante el juego público, por el contrario, los usuarios debían buscar e identificar una serie de elementos objetivo entre los espectadores de un evento deportivo, tocando los elementos de la escena virtual.

información de la posición de cada jugador tras cada ejercicio, de manera visual e intuitiva.

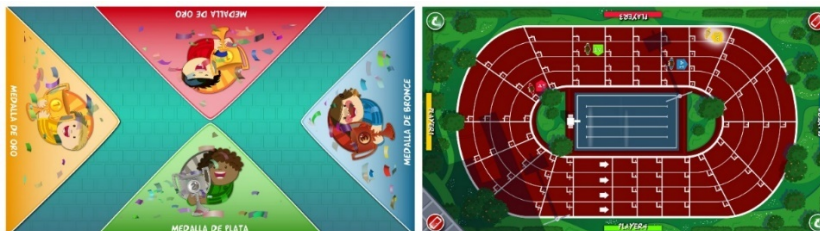


Figura 13. Captura de la ceremonia de pódium y pista de atletismo

Cada ejercicio cuenta con una serie de parámetros que permiten modificar la modalidad (competitiva o no) y ajustar la dificultad y las habilidades requeridas a las capacidades de cada participante. Asimismo, los ejercicios registran la actuación de los participantes. Un módulo de gestión, incluido en el sistema multitáctil, permite, además de generar un perfil para cada participante y asignarle un avatar personalizado (sexo, raza, características físicas, etc.), configurar las sesiones de entrenamiento. Para ello, el sistema permite identificar a los participantes de la sesión, los ejercicios que la componen, los parámetros de los ejercicios, el orden de aparición de los ejercicios y el tiempo de descanso entre ellos. Las sesiones de entrenamiento son modificables a través del mismo módulo, pueden guardarse para ser utilizados posteriormente y también pueden reanudarse en el caso de que no hayan podido ser completadas. El módulo de gestión registra, además, para cada uno de los participantes, los resultados de cada ejercicio y de cada sesión, de manera que puedan ser visualizados a posteriori para analizar los resultados de una sesión en particular o la evolución temporal del paciente.

A continuación, se describe el objetivo, el diseño y las características de los ocho ejercicios integrados en el sistema multitáctil. La información resumida se proporciona adicionalmente en el Anexo I.1.

2.2.1.1.1. Maratón

Este ejercicio entrena la atención sostenida bajo el paradigma *go-no go*¹⁸. En el escenario virtual se visualiza el avatar asignado a cada jugador disputando un maratón sobre una carretera en la que aparecen distintos elementos de forma aleatoria, con una frecuencia que varía a lo largo de la prueba (Figura 14). El objetivo del ejercicio consiste en seleccionar únicamente los elementos relevantes para la prueba olímpica e ignorar el estímulo irrelevante. La posible relevancia de los elementos resulta muy intuitiva. Así pues, agua o fruta ayudarán en la prueba, mientras un ladrillo ralentizará nuestro avance. En la parte inferior del área de interacción existe un único botón, donde se visualiza la palabra “coger”. Una vez detectado el elemento que se debe seleccionar (agua o fruta), simplemente hay que realizar un toque sobre la zona de interacción y el elemento se contabiliza como acierto. Cada elemento tiene un tiempo útil durante el cual es posible responder. Tras este tiempo, el elemento desaparece y se contabiliza como una omisión. En caso de que se seleccione un elemento que debe ser ignorado (ladrillo) se registra un error o comisión. Los parámetros del ejercicio incluyen el tiempo total de la tarea y la velocidad a la que aparecen los elementos.



Figura 14. Captura del ejercicio Maratón

2.2.1.1.2. Ciclismo

Este ejercicio entrena la atención selectiva. En este caso, el avatar

¹⁸ Las tareas *go-no go* se emplean para evaluar la atención selectiva y el control de respuesta. El sujeto debe realizar una determinada acción ante un estímulo dado e inhibir esa acción ante un estímulo diferente.

representa a un ciclista, frente al cual aparecen, de forma aleatoria, una serie de obstáculos en el camino por el que avanza, algunos de los cuales deben esquivarse (charco de agua y piedras) y otros ante los que se debe parar (barrera) (Figura 15). Cuando los obstáculos se encuentran dentro de una zona de interacción del camino, que aparece iluminada, el sujeto debe decidir si parar o esquivar realizando un toque con los dedos en el botón correspondiente de la zona inferior de la pantalla. Al igual que en el ejercicio anterior, se registran los aciertos (respuestas correctas ante el estímulo), las comisiones (respuestas erróneas) y las omisiones (ausencia de respuesta durante el tiempo útil en el que el estímulo es visible). Los parámetros del ejercicio incluyen la duración de la tarea, la velocidad a la que aparecen los obstáculos y el tamaño de la zona de interacción con los estímulos.



Figura 15. Captura del ejercicio Ciclismo

2.2.1.1.3. Tenis

Este ejercicio entrena el control inhibitorio y la velocidad de procesamiento. El entorno está ambientado en una pista de tenis durante un partido de dobles. Los avatares deben devolver la pelota cuando entra en la zona de interacción del campo de juego (Figura 16). Deben hacerlo con el jugador correspondiente (el situado a la derecha del campo o el de la izquierda) a través de un toque sobre la porción derecha o izquierda de la zona de interacción. Se registran aciertos, omisiones y comisiones. Los parámetros del ejercicio incluyen la duración de la tarea, la velocidad de los estímulos, el tamaño de la zona de interacción y el intervalo temporal entre los estímulos.



Figura 16. Captura del ejercicio Tenis

2.2.1.1.4. Público

Este ejercicio entrena la velocidad de procesamiento y la atención selectiva. El entorno representa la grada de un estadio, la cual está ocupada por individuos con diferentes rasgos físicos o complementos (color de pelo o de piel, forma de la cara, gafas, sombreros, corbatas, etc.). El objetivo del ejercicio consiste en identificar entre el público determinados elementos (rasgos y complementos) que se muestran en la zona inferior del área de interacción, tocando dichos elementos con los dedos sobre el entorno tan rápido como sea posible (Figura 17). En la modalidad competitiva, los elementos a identificar son comunes para todos los participantes de la sesión, de manera que cuando uno de ellos es identificado por un participante, este elemento desaparece para todos los restantes. El ejercicio contabiliza aciertos, comisiones y omisiones. Los parámetros del ejercicio incluyen la duración de la tarea, el número de sujetos que forman parte de la grada y el número de rasgos a localizar.



Figura 17. Captura del ejercicio Público

2.2.1.1.5. Rugby

Este ejercicio consiste en una tarea de seguimiento visual que entrena la atención selectiva y dividida. El entorno simula un campo de rugby donde se visualiza a los jugadores de dos equipos. Al inicio del juego el sistema señala a uno o varios jugadores y, a continuación, todos los jugadores de ambos equipos comienzan a moverse aleatoriamente por el campo durante un cierto intervalo de tiempo (Figura 18). El objetivo del ejercicio consiste en identificar, al final de cada jugada, al jugador o jugadores que fueron señalados previamente. Al igual que en los ejercicios anteriores, el ejercicio registra aciertos, omisiones y comisiones. Los parámetros del ejercicio incluyen la duración de la sesión, el número de jugadores que forman parte de cada equipo, el número de jugadores que se deben seguir visualmente, el tiempo que el participante tiene para responder y la posibilidad de incluir distractores visuales.



Figura 18. Captura del ejercicio Rugby

2.2.1.1.6. Fútbol

Este ejercicio entrena la memoria de trabajo y la atención selectiva. El entorno simula un campo de fútbol donde se visualiza a los jugadores de dos equipos dispuestos en una posición fija (Figura 19). El ejercicio muestra una jugada, consistente en un determinado número de pases entre jugadores. El objetivo del ejercicio consiste en reproducir la jugada que acaba de realizarse tocando directamente sobre el entorno a los jugadores que han participado en ella en el orden correcto. El ejercicio puede requerir la repetición de la jugada en orden directo o inverso. El ejercicio registra aciertos y errores. Los parámetros de este ejercicio incluyen el

número de secuencias, la longitud de la secuencia y el tiempo permitido para emitir la respuesta.

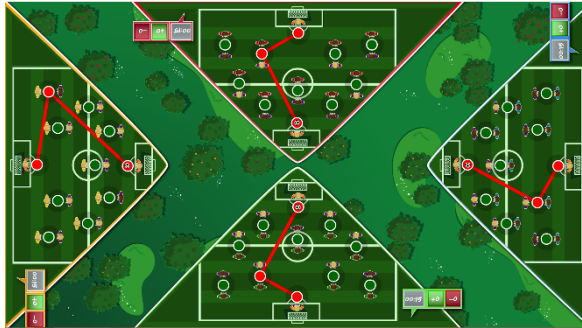


Figura 19. Captura del ejercicio Fútbol

2.2.1.1.7. Duatlón

Este ejercicio entrena la atención dividida. El área de interacción se encuentra dividida en dos mitades, en los que se visualizan los ejercicios de maratón y ciclismo, ambos descritos previamente (Figura 20). El objetivo del ejercicio consiste en responder a las dos tareas simultáneamente. En la tarea de maratón, que aparece en la mitad izquierda, se deben seleccionar los elementos relevantes (agua y la fruta) e ignorar el resto. En la tarea de ciclismo, que aparece en la mitad derecha, se deben esquivar los obstáculos que aparecen en el camino. El ejercicio registra aciertos y errores. Los parámetros modificables incluyen el tiempo útil y la frecuencia de aparición de los elementos en el maratón y el tamaño de la zona de interacción en el ciclismo.



Figura 20. Captura del ejercicio Duatlón

2.2.1.1.8. Triatlón

Este ejercicio, al igual que el anterior, entrena la atención dividida. El área de interacción, en este caso, se encuentra dividida en tres partes. A las tareas incluidas en el ejercicio Duatlón se añade la prueba olímpica de natación (Figura 21). En esta tarea, un nadador se desplaza verticalmente de un lado al otro de una piscina. El objetivo del ejercicio consiste en, adicionalmente a las tareas descritas en el ejercicio Duatlón, pulsar el botón “girar” de la zona inferior del área de interacción cada vez que el nadador alcanza un extremo de la piscina, lo cual es indicado con el cambio de color de una zona de interacción en el entorno. El ejercicio registra aciertos y errores. Los parámetros modificables incluyen el tiempo útil y la frecuencia de aparición de los elementos en el maratón, y el tamaño de la zona de interacción tanto en ciclismo como en natación.



Figura 21. Captura del ejercicio Triatlón

2.2.1.2. Ejercicios convencionales

Junto a los ejercicios interactivos, se diseñó una batería de ejercicios convencionales tipo lápiz-papel que incluían los diversos procesos atencionales a entrenar y distintos niveles de dificultad. Se desarrollaron ejercicios que incluían tareas de cancelación, selección de estímulos, detección de diferencias, búsqueda de iguales, repetición de secuencias y series, ordenación de elementos y alternancia o división del foco atencional en dos tareas simultáneas (Anexo I.2). La graduación del nivel de dificultad se realizó modificando el número o la tipología de estímulos y distractores, la longitud de las secuencias o series, y la complejidad de las ilustraciones, así como limitando el tiempo de ejecución.

2.2.2. Herramientas de valoración

2.2.2.1. Habilidades cognitivas

A continuación, se describen los instrumentos de valoración neuropsicológica que se incluyeron en el presente trabajo para evaluar la atención y otras habilidades cognitivas. Los instrumentos utilizados se proporcionan en el Anexo II.1.

2.2.2.1.1. Conners Continuous Performance Test-II

El *Conners Continuous Performance Test-II* es un test informatizado basado en el paradigma *go-no go* que evalúa la atención sostenida y la capacidad de inhibir respuestas inadecuadas (Conners et al., 2003). La tarea consiste en la presentación secuenciada de estímulos (letras) que aparecen en seis bloques con un intervalo de presentación de 1, 2, 3 o 4 segundos, durante 14 minutos. Existen dos tipos de estímulos: los estímulos frecuentes (cualquier letra excepto la “X”) y los infrecuentes (la letra “X”), los cuales tienen una frecuencia de aparición mayor del 80% y menor del 20%, respectivamente. Durante la presentación secuencial de estímulos el sujeto debe presionar un pulsador tan rápido como le sea posible una vez detectado el estímulo frecuente, e inhibir la respuesta ante el estímulo infrecuente. La tarea requiere de una respuesta continuada y de la capacidad de inhibición ante la aparición del estímulo infrecuente. Entre otras variables, el test registra el número de omisiones, comisiones, perseveraciones, el tiempo de reacción y medidas correspondientes a la vigilancia y a la capacidad de adaptarse a las demandas temporales de la tarea. Se han detectado diferencias en la ejecución asociadas al género, que indican que los hombres son más rápidos y presentan un tiempo de reacción menos variable, mientras que las mujeres son más sensibles a la detección de las señales y muestran un estilo de respuesta más conservador (Burton et al., 2010).

2.2.2.1.2. D2 Test of Attention

El *D2 Test of Attention* es una prueba de atención selectiva de tiempo limitado basada en tareas de cancelación (Brickenkamp, 2002). Evalúa la

velocidad de procesamiento en una tarea de discriminación de estímulos visuales similares a un modelo dado. El test está formado por 14 líneas con 47 caracteres dispuestos en sentido horizontal. Estos estímulos contienen las letras “p” o “d” que pueden estar acompañadas de una o dos pequeñas rayitas situadas, individualmente o en pareja, en la parte superior o inferior de cada letra. La tarea consiste en revisar sistemáticamente cada una de las líneas de izquierda a derecha para señalar toda letra “d” que aparezca acompañada de dos rayitas (dos situadas en la parte superior, dos en el parte inferior o una en la parte superior y otra en la inferior), que corresponden a los denominados “estímulos relevantes” (Figura 22). El sujeto dispone de 20 segundos para completar cada línea. Existen baremos normativos ajustados a la edad del sujeto para las puntuaciones directas y las variables obtenidas (aciertos, errores, comisiones, índice de concentración, efectividad total en la prueba, etc.) (Oehlschlagel & Moosbrugger, 1991).

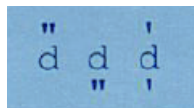


Figura 22. Estímulos relevantes del D2 Test of Attention

2.2.2.1.3. Color Trail Test

El *Color Trail Test* evalúa velocidad de procesamiento, atención selectiva, secuenciación, flexibilidad mental, búsqueda visual y función motora (Louis F. D’Elia et al., 1996). Este test ha sido empleado para la detección de deterioro cognitivo en fases iniciales (Mateen et al., 2018) y ha demostrado ser sensible a una amplia variedad de procesos y alteraciones neurológicas (Muriel D Lezak et al., 2004). En la Parte A del test, se le presenta al sujeto una hoja con números del 1 al 25 colocados en el interior de círculos y distribuidos de forma aleatoria a lo largo de una hoja de tamaño A4. La tarea consiste en conectar con líneas los números de forma consecutiva y en orden creciente tan rápido como sea posible. En la Parte B del test se encuentran los 25 números por duplicado dentro de unos círculos de dos colores distintos, una secuencia de color rosa y la otra de color amarillo. En esta parte, el sujeto debe conectar con líneas los números consecutivos alternando a la vez el color de los círculos. Ambas versiones cuentan con una fase previa en la que se muestra la dinámica de

la tarea con un ejemplo que incluye números del 1 al 8. Se registra el tiempo empleado para completar la tarea y el número de errores cometidos. Los baremos normativos de corrección consideran el tiempo empleado así como la edad y el nivel de escolaridad (Peña-Casanova et al., 2009; Tamayo et al., 2012).

2.2.2.1.4. Digit Span

El *Digit Span* es un subtest de la *Wechsler Adult Intelligence Scale* que evalúa aspectos atencionales y mnésicos (David Wechsler, 2008). Consiste en la repetición de secuencias de dígitos de longitud creciente en orden directo e inverso. Ambas modalidades cuentan con siete secuencias dobles de idéntica longitud formadas por números aleatorios que el examinador lee en voz alta a un ritmo de número por segundo. La prueba finaliza cuando el sujeto falla las dos secuencias de idéntica longitud. La repetición de la secuencia en orden directo implica un recuerdo inmediato y se considera una medida de la memoria a corto plazo. La repetición en orden inverso, en cambio, se interpreta como un índice de memoria de trabajo (Banken, 1985). Los valores normativos para la población española están incluidos tanto en los manuales de la *Wechsler Adult Intelligence Scale* como de la *Wechsler Memory Scale* (D. Wechsler & Pereña, 2004). Las variables demográficas parecen influir en la ejecución de este test. Los hombres muestran una ejecución ligeramente superior a las mujeres (Sebastián & Mediavilla, 2015). La edad afecta mínimamente más allá de los 65-70 años (Hickman et al., 2000). Los mayores niveles educativos se asocian con una mejor ejecución (Peña-Casanova et al., 2009), siendo éste último un mejor predictor que la edad (Ostrosky-Solís & Lozano, 2006).

2.2.2.1.5. Spatial Span

El *Spatial Span* es un subtest de la *Wechsler Memory Scale* que evalúa atención selectiva y memoria visuo-espacial (D Wechsler, 2009). Consta de nueve cubos numerados en uno de sus lados, del 1 al 9, que se encuentran distribuidos sobre un tablero con una posición fija. Para su administración, el sujeto y el examinador se sitúan en los extremos opuestos de una mesa y se coloca el tablero frente al sujeto de forma que la numeración de los cubos sólo sea visible para el examinador. Éste toca una secuencia

determinada de cubos que el sujeto debe reproducir. Se comienza por secuencias de dos elementos. Si el sujeto reproduce correctamente dos secuencias, se aumenta a tres elementos, y así sucesivamente. La prueba finaliza cuando la reproducción de las dos secuencias del mismo número de elementos (por ejemplo: las dos secuencias de cuatro elementos) sean incorrectas. El test incluye dos subtareas. En la primera se debe reproducir la secuencia en orden directo y en la segunda en orden inverso. El nivel educativo contribuye significativamente en la ejecución del test y los hombres tienden a alcanzar puntuaciones ligeramente superiores que las mujeres, aunque esta diferencia es prácticamente inexistente con niveles educativos superiores a los 12 años (Orsini et al., 1986).

2.2.2.2. Motivación

A continuación, se describe el cuestionario de valoración de la motivación experimentada durante la intervención que se incluyó en el presente trabajo. El instrumento se proporciona en el 0.

2.2.2.2.1. Intrinsic Motivation Inventory

El *Intrinsic Motivation Inventory* valora la experiencia subjetiva de los participantes tras una actividad (R. Ryan & Deci, 1994). Es un cuestionario multidimensional estructurado en distintas subescalas tipo Likert de 7 puntos. Esta escala valora, a través de las seis subescalas, aspectos como el interés/diversión, la aptitud percibida, el nivel de esfuerzo, el valor/utilidad, la presión/tensión y el nivel de elección percibida al realizar la actividad. Para este estudio, se utilizó la versión con cuatro subescalas: interés/diversión, competencia percibida, presión/tensión y valor/utilidad. Valores elevados en cada subescala representan valores positivos en términos de motivación, excepto en la subescala de presión/tensión, donde los valores elevados representan niveles altos de tensión. Este escala se ha empleado en numerosos estudios relacionados con la motivación intrínseca y la autorregulación (Deci et al., 1994; R. Ryan & Deci, 1994; R. M. Ryan & Deci, 2000a).

2.2.2.3. Competitividad

A continuación, se describe el cuestionario utilizado para evaluar la preferencia por la competición de los participantes en el estudio. El instrumento se proporciona en el Anexo II.3.

2.2.2.3.1. Inventario de Competitividad

El *Inventario de Competitividad* es un breve cuestionario autoinformado que analiza los rasgos competitivos de la personalidad a través de 14 afirmaciones (Houston et al., 2002). El sujeto debe puntuar su nivel de conformidad con los enunciados a través de una escala tipo Likert de 5 puntos, siendo 1 completamente falso y 5 completamente verdadero. El *Inventario de Competitividad* está compuesto por dos subescalas, las cuales describen el interés por la competitividad (ítems del 1 al 9) y la asertividad (ítems del 10 al 14). Para el presente estudio, se analizaron únicamente los ítems correspondientes a la primera subescala, donde puntuaciones elevadas son indicativas de una alta motivación para la competición.

2.2.2.4. Potenciales evocados

Se empleó un equipo de registro electroencefalográfico de 64 canales consistente en dos amplificadores BrainAmp de 32 canales (Brain Products GmbH, Munich, Alemania) (Figura 23a). El amplificador BrainAmp es una solución compacta de registro de señales, con una gran aceptación entre la comunidad científica por su elevada fiabilidad. Cuenta con una frecuencia de muestreo de 5 kHz por canal, un ruido de entrada menor a $2 \mu\text{V}_{\text{pp}}$ y un ancho de banda del convertidor A/D de 16 bits. Permite realizar medidas dentro de un rango de $\pm 3,28 \text{ mV}$ con una resolución de $0,1 \mu\text{V}$ por bit. Se utilizaron electrodos activos actiCap (Brain Products GmbH, Munich, Alemania) para el registro de las señales (Figura 23b). A diferencia de los electrodos pasivos, los electrodos activos poseen circuitos activos para la conversión de impedancia integrados directamente en los electrodos. La conversión de impedancia en el electrodo hace posible lograr una mayor calidad de señal incluso con impedancias más altas, en comparación con los electrodos pasivos convencionales. Por tanto, el tiempo de preparación por electrodo se

reduce enormemente. Este efecto también está favorecido por un conjunto de LED multicolores embebidos en los electrodos, que dan información de los rangos de impedancia sin necesidad de mirar la pantalla de una computadora. Los electrodos actiCap tienen una impedancia de entrada mayor de $200\text{ M}\Omega$, un ruido inherente menor a $2\text{ }\mu\text{V}_{\text{pp}}$ y un rango dinámico de $\pm 1000\text{ mV}$.



Figura 23. Equipo de adquisición de la señal electroencefalográfica

Los estímulos se presentaron empleando el *software* E-Prime 1.0 (Psychology Software Tools, Sharpsburg, PA, EEUU) instalado en un ordenador personal con sistema operativo Windows XP. El estímulo fue presentado en un monitor LG Flatron L1918S de 19 pulgadas y 5 ms de tiempo de respuesta. El participante se sentó a 70 cm de distancia de la pantalla del ordenador, con un ángulo visual de 8° en el eje horizontal y de $9,4^\circ$ en el eje vertical.

Se empleó una tarea de atención visual sostenida y selectiva acorde al paradigma *oddball*, que ha sido ampliamente utilizada en estudios previos (M. Vázquez-Marrufo et al., 2008; Manuel Vázquez-Marrufo et al., 2011, 2013a). Se trata de una sencilla tarea en la que el sujeto debe atender a todos los estímulos presentados para discriminar los estímulos visuales infrecuentes dentro de una secuencia de estímulos frecuentes. En concreto, durante la tarea se presentan dos estímulos diferentes y con distinta probabilidad de aparición. El estímulo frecuente tiene una probabilidad de aparición del 75%. El estímulo infrecuente, en cambio,

tiene una frecuencia de aparición del 25%. El estímulo infrecuente u objetivo consiste en un rectángulo con un patrón de tablero de ajedrez con cuadrados rojos y blancos (Figura 24a). El estímulo frecuente consiste en el mismo rectángulo, pero los cuadrados son blancos y negros (Figura 24b). El objetivo de los participantes consiste en presionar un pulsador con la mano derecha cuando aparece el estímulo infrecuente e ignorar el estímulo frecuente. Ambos estímulos son de idéntico tamaño y se presentan con una velocidad de 500 ms y un intervalo entre estímulos de 1000 ms, durante el cual el sujeto puede responder. Para el presente trabajo se usó un bloque con 200 ensayos y una presentación de estímulos pseudoaleatoria, en el que 150 ensayos correspondieron al estímulo frecuente y 50 para el infrecuente. Para evitar cambios en la posición de los ojos durante el experimento, se presentó un punto de fijación sobre un fondo negro en la pantalla cuando no se mostraban estímulos (Figura 24c).

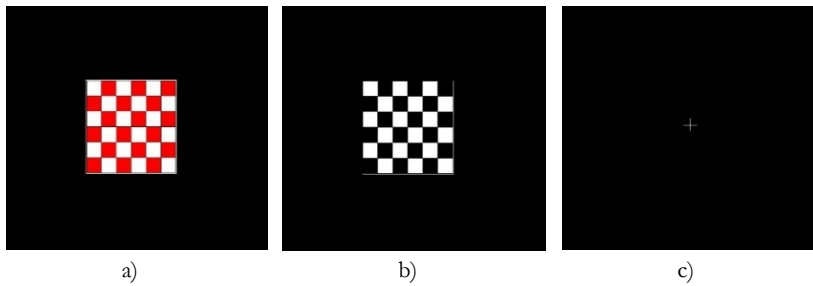


Figura 24. Estímulos empleados en el paradigma *oddball*

2.2.2.5. Morfología cerebral

Se utilizó un equipo de resonancia magnética Philips Diamond Select Achieva 3.0T (Philips Healthcare, Best, Holanda) de la Unidad de Radiología y Radiodiagnóstico del Hospital Clínica Benidorm (Benidorm, España) para realizar un estudio morfológico de las estructuras cerebrales (Figura 25). El sistema Achieva tiene una longitud de túnel de sólo 60 cm, y el imán mide 157 cm de extremo a extremo. La bobina corporal integrada X-series proporciona una baja relación señal a ruido y tasa de absorción específica y efectos dieléctricos mínimos.

El protocolo de adquisición de la información anatómica consistió en una secuencia estructural 3D ponderada T1 con gradiente 3D,

tiempo de eco de 7,324 ms, tiempo de repetición de 13,10 ms y *flip angle* de 8°. Se obtuvieron 150 cortes transversales de tamaño 240 x 240 píxeles con 1 mm de grosor, lo cual dio lugar a vóxeles efectivos de 0.986 x 0.986 x 1 mm³.



Figura 25. Equipo de adquisición de neuroimagen

2.3. Procedimiento

2.3.1. Protocolo de intervención

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de intervención competitivo o no competitivo. La aleatorización fue generada por ordenador, usando un generador de números aleatorios básico, en una proporción de 1:1. La secuencia de asignación fue generada por un investigador independiente y se ocultó a los administradores del estudio. Se entregó un sobre cerrado a los coordinadores de los departamentos de neuropsicología de los distintos centros de reclutamiento para identificar el grupo de cada participante. Los terapeutas que realizaron las evaluaciones y los investigadores que realizaron el análisis de datos estuvieron cegados a la intervención asignada a cada participante. Por el contrario, los neuropsicólogos que realizaron la intervención no pudieron estar cegados a la asignación de grupos.

El tipo de intervención, competitiva y no competitiva, determinó los objetivos de las sesiones de intervención y el *feedback* proporcionado a los participantes. En ambas intervenciones un temporizador de cuenta regresiva mostró el tiempo restante durante la realización de los ejercicios. Ambas intervenciones fueron equiparadas en duración e intensidad.

Todos los participantes, con independencia del grupo al que

pertenecieron, realizaron 20 sesiones de intervención grupales, integradas por tres o cuatro participantes, de una hora de duración, tres días a la semana, en las que se combinaron ejercicios convencionales y gamificadas interactivas. Las sesiones se realizaron en una habitación tranquila y libre de distractores externos (ruidos y luces intensas) habilitada en los distintos centros de reclutamiento. Fue equipada con el sistema multitáctil (ver sección 2.2.1.1), sillas y una mesa convencional alrededor de la cual se situaron los participantes para la ejecución de los ejercicios convencionales.

Previo a cada sesión de intervención, el terapeuta determinó los ejercicios convencionales a realizar y programó la sesión en el sistema multitáctil, seleccionando los ejercicios, ajustando su duración y su nivel de dificultad y asignando un avatar personalizado a cada uno de los participantes. El diseño de cada sesión incluyó los ocho ejercicios gamificados descritos anteriormente, administrados en orden aleatorio. En cada sesión de intervención, competitiva y no competitiva, se combinaron 30 minutos de abordaje convencional y otros 30 minutos de ejercicios interactivos a través del sistema multitáctil, equiparando la carga de trabajo asignada para cada uno de los dominios atencionales. La duración de cada ejercicio fue de seis minutos, con descansos de un minuto y medio entre los ejercicios.

La dificultad de las tareas, tanto convencionales como interactivas mediante el sistema multitáctil, se ajustó a las capacidades de los usuarios a partir del rendimiento individual observado en una sesión exploratoria previa. Todas las sesiones fueron supervisadas por un terapeuta experimentado que daba las instrucciones precisas para cada tarea y, al finalizar cada ejercicio, proporcionaba *feedback* sobre la ejecución acorde al tipo de intervención asignada, el cual se describe más adelante. Para los ejercicios convencionales, se facilitó a los participantes la tarea impresa en papel, un lápiz y un temporizador de cuenta regresiva.

2.3.1.1. Intervención no competitiva

Los participantes del grupo no competitivo realizaron los ejercicios, tanto convencionales como gamificados interactivos, en sesiones grupales, pero

de forma independiente. El objetivo de los participantes consistió en realizar cada una de las tareas de la forma más eficiente posible, es decir, empleando el menor tiempo posible para alcanzar el máximo número de aciertos y con el número mínimo de errores. Tras la realización de los ejercicios convencionales, un terapeuta proporcionó a cada participante *feedback* individual sobre su actuación, consistente en el número de aciertos, errores y tiempo empleado. En los ejercicios interactivos, el sistema proporcionó *feedback* instantáneo durante la realización de la tarea y *feedback* sobre el rendimiento individual al finalizar sobre el número de aciertos, errores y tiempo empleado.

2.3.1.2. Intervención competitiva

Los participantes del grupo competitivo también realizaron sesiones grupales, pero en este caso, los participantes rivalizaron por tener una mejor ejecución que los demás. En este grupo, los participantes recibieron *feedback* referente a su ejecución individual. Sin embargo, a diferencia del grupo no competitivo, también recibieron información sobre su rendimiento respecto al resto de participantes. En los ejercicios gamificados interactivos, el *feedback* extrínseco incluyó la clasificación provisional respecto al resto de participantes.

Además, como se comentó en la descripción de los ejercicios gamificados (ver sección 2.2.1.1), al finalizar cada ejercicio el sistema multitáctil mostró un ranking que ejemplificó la ejecución de los jugadores. Y, además, tras este ranking, el sistema mostró una animación de los avatares que representaban a los participantes avanzando por una pista de atletismo en una distancia proporcional a su ejecución.

2.3.2. Protocolo de valoración

Todos los participantes fueron valorados con una batería de instrumentos neuropsicológicos (ver sección 2.2.2.1) antes y después de la intervención (Figura 26). Al final de la intervención, además, se recogió información sobre su preferencia por la competición y por la experiencia de usuario durante la intervención (ver sección 2.2.2.2).

Adicionalmente, se investigaron cambios neurofisiológicos y neuroanatómicos en los participantes del grupo competitivo a partir de exploraciones neurofisiológicas (ver sección 2.2.2.4) y de neuroimagen (ver sección 2.2.2.5) realizadas antes y después de la intervención competitiva.

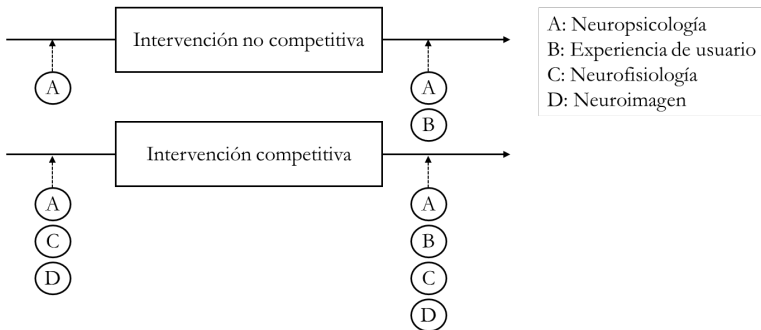


Figura 26. Diagrama del protocolo de valoración del estudio

El protocolo de las distintas valoraciones se describe a continuación.

2.3.2.1. Habilidades cognitivas

Todos los participantes fueron valorados con el conjunto de herramientas de valoración neuropsicológica descritos anteriormente (ver sección 2.2.2.1) antes y después de la intervención, en los días inmediatamente anteriores y posteriores a la misma. Los participantes fueron valorados de forma individual por un mismo investigador, que permaneció ciego al grupo de cada participante. Las herramientas de valoración evaluaron la velocidad de procesamiento, atención sostenida, atención selectiva, atención dividida, memoria de trabajo e inhibición, las cuales representan las habilidades cognitivas que fueron mayoritariamente entrenadas durante ambas intervenciones (Tabla 2).

Tabla 2. Habilidades cognitivas consideradas en el estudio

Habilidad cognitiva	Instrumentos
<i>Velocidad de procesamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conners' Continuous Performance Test</i>. Tiempo de reacción • <i>D2 Test of Attention</i>. Puntuación global • <i>Color Trail Test</i>. Parte A
<i>Atención sostenida</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conners' Continuous Performance Test</i>. Omisiones • <i>D2 Test of Attention</i>. Puntuación global • <i>D2 Test of Attention</i>. Puntuación global
<i>Atención selectiva</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Color Trail Test</i>. Parte A • <i>Digit Span</i> • <i>Spatial Span</i>
<i>Atención dividida</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Color Trail Test</i>. Parte B
<i>Memoria de trabajo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Digit Span</i> • <i>Spatial Span</i>
<i>Inhibición</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conners' Continuous Performance Test</i>. Comisiones • <i>Conners' Continuous Performance Test</i>. Perseveraciones • <i>D2 Test of Attention</i>. Puntuación Global

2.3.2.2. Motivación

La experiencia de usuario se evaluó al finalizar la intervención con el *Intrinsic Motivation Inventory*. Los participantes completaron el cuestionario con supervisión de los mismos investigadores que evaluaron sus habilidades cognitivas.

2.3.2.3. Competitividad

La preferencia por la competición de los participantes se investigó al finalizar la intervención con la subescala de interés por la competición del Índice de Competitividad. De igual manera que en el caso de la motivación, los participantes completaron el cuestionario con supervisión de los mismos investigadores que evaluaron sus habilidades cognitivas.

2.3.2.4. Potenciales evocados

La actividad electroencefalográfica de los participantes durante la prueba de evaluación neurofisiológica consistente en la tarea *oddball* de atención visual sostenida y selectiva (ver sección 2.2.2.4), se registró durante la semana de antes y después de la intervención. La exploración neurofisiológica se realizó de forma individual en una sala aislada de ruido

y cualquier otro tipo de estímulo por un examinador externo al estudio, el cual contaba con amplia experiencia en el registro neurofisiológico en población clínica. Antes de comenzar el registro, se explicó detalladamente la tarea y el procedimiento de adquisición a los participantes¹⁹. Se permitió un tiempo de prueba con la tarea para que los participantes se familiarizaran con ella.

Durante el registro, los participantes estuvieron sentados de forma confortable frente a una mesa donde se colocó la pantalla y los amplificadores de registro. La pantalla se ubicó centrada a la altura de los ojos del participante, a 70 cm de éstos. Se colocaron 58 electrodos sobre el cuero cabelludo de acuerdo al sistema internacional 10-20 (Fp1, Fpz, Fp2, F3A, F4A, F7, F5, F3, F1, Fz, F2, F4, F6, F8, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, T3, C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6, T4, T3L, CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6, T4L, T5, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, T6, PO5, PO3, PO1, POz, PO2, PO4, PO6, O1, Oz, O2) (Figura 27). Todos los electrodos fueron referenciados al lóbulo auricular durante el registro y posteriormente re-referenciados a Cz. Adicionalmente, se obtuvieron electro-oculogramas verticales y horizontales con registros bipolares a partir de electrodos situados en la posición superior e inferior de la órbita izquierda y en la porción externa de las orbitas oculares, respectivamente.

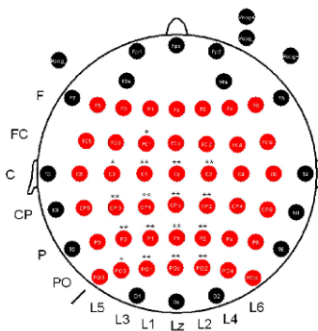


Figura 27. Configuración de los electrodos para el registro encefalográfico

¹⁹ Las instrucciones que se dieron fueron: “A continuación, se presentarán una serie de estímulos visuales, consistentes en tableros de ajedrez. Debes pulsar el botón izquierdo del ratón con el dedo índice cuando aparezca un tablero de ajedrez con cuadrados rojos y blancos. No debes realizar ninguna acción cuando el tablero de ajedrez aparezca en blanco y negro. Trata de responder lo más rápidamente posible, pero sin precipitarte”.

Todos los participantes realizaron la tarea sin la asistencia del examinador, con la mano derecha, independientemente de si eran zurdos, o si presentaban alguna alteración motora residual a la lesión. Durante la realización de la tarea, el examinador comprobó, con la ayuda de otro ordenador conectado al dispositivo de registro, que el sujeto estaba realmente respondiendo a la tarea y que la había comprendido correctamente.

Como se describe más adelante (ver sección 2.4.2), en la valoración neurofisiológica se registraron la latencia y amplitud media del potencial P300 y el desempeño durante la tarea *oddball*.

2.3.2.5. Morfología cerebral

Para la realización de las pruebas de neuroimagen se citó a los participantes de forma individual en el servicio de radiología del hospital la semana previa y posterior a la intervención. Una examinadora externa al estudio recibió a los participantes y, al llegar a la sala de exploración, les pidió que se despojaron momentáneamente de cualquier objeto metálico, como anillos o pendientes, para evitar la interferencia con el sistema. Les proporcionó una bata hospitalaria que debieron vestir durante la exploración. La examinadora recordó a los participantes el objetivo del estudio y les explicó el procedimiento de la prueba.

Los participantes fueron acomodados sobre la camilla de la máquina de registro, en posición de decúbito supino. La examinadora cubrió aquellas partes del cuerpo de los pacientes que quedaron expuestas para evitar que pasaran frío. Fijó la posición de la cabeza, alineándola con el eje longitudinal de la camilla, con la ayuda de un inmovilizador para minimizar la aparición de artefactos de movimiento y se colocó una antena craneal de 32 canales (Figura 28). Finalmente, la examinadora, desde la cabina de operación de la máquina, comenzó la adquisición de la secuencia anatómica.



Figura 28. Adquisición de la secuencia anatómica de neuroimagen

Como se describe más adelante (ver sección 2.4.3), en la exploración de neuroimagen se registraron los volúmenes de sustancia gris y blanca, tanto a nivel global como en distintas estructuras cerebrales de interés.

2.4. Análisis de los datos

2.4.1. Análisis estadístico

Se realizaron diversos análisis estadísticos para investigar todas las hipótesis. Primero, las posibles diferencias en la línea base en las características demográficas, clínicas y de personalidad de ambos grupos (competitivo y no competitivo) se investigaron con pruebas t de Student de muestras independientes y pruebas de chi-cuadrado según las características de cada variable.

Segundo, se realizaron análisis de varianza mixtos (ANOVAs) de medidas repetidas de todas las variables utilizadas para cuantificar las habilidades cognitivas de los participantes, considerando el tiempo (antes y después de la intervención) como factor intra-sujeto y el tipo de intervención (no competitiva y competitiva) como factor inter-sujeto. Se incluyeron pruebas post-hoc de Bonferroni para el análisis de múltiples comparaciones. Los hallazgos que no cumplieron el supuesto de esfericidad fueron ajustados mediante la corrección Greenhouse-Geisser. Se evaluaron los efectos del tiempo, del tipo de intervención y de la interacción tiempo-intervención. Se calcularon los valores de eta parcial al cuadrado (η^2_p) para cada ANOVA, como medida del tamaño del efecto.

El tamaño del efecto puede variar de 0 a 1, donde los valores más altos representan mayores proporciones de varianza que pueden explicarse por la variable independiente.

Tercero, se examinaron diferencias en la motivación facilitada por ambas intervenciones (no competitiva y competitiva) con pruebas t de Student de muestras independientes.

Cuarto, se realizaron análisis de moderación para examinar si los efectos del tipo de intervención sobre la efectividad clínica y la motivación asociada al tipo de intervención fueron moderados por el nivel de competitividad de los participantes, siguiendo el procedimiento descrito por Hayes (Bolin, 2014). En estos análisis, el grupo competitivo se codificó como "1", y el grupo no competitivo fue codificado como "2". Las puntuaciones iniciales para todas las variables clínicas fueron introducidas como covariables de las variables dependientes en cada modelo. Se emplearon pruebas de significación ($p < .05$) o un intervalo de confianza (sin incluir cero) para la interacción "grupo & motivación" para examinar si la motivación moderó los efectos del tipo de intervención en los resultados en todas las medidas post-tratamiento para todas las medidas clínicas y subjetivas. El nivel α se estableció en .05 para todos los análisis.

Finalmente, se realizaron pruebas t de Student pareadas para investigar cambios neurofisiológicos y neuroanatómicos tras la intervención competitiva. En concreto se investigaron cambios tanto en la latencia como en la amplitud del potencial P300, así como en la tasa de aciertos de la tarea *oddball*, si bien esta tarea no se incluyó como una variable representativa del estado cognitivo de los participantes.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con la aplicación IBM SPSS Statistics v22 (Armonk, New York, EEUU). Los análisis de moderación se llevaron a cabo con el macro PROCESO (versión 3.3).

2.4.2. Análisis neurofisiológico

La señal eléctrica de todos los electrodos se registró a una frecuencia de 500 Hz y se filtró utilizando un filtro paso banda de 0.01-100 Hz

manteniendo la impedancia por debajo de 5 k Ω durante el experimento. Para calcular los potenciales cognitivos se empleó el siguiente protocolo. Primero, se corrigieron los artefactos oculares debidos a parpadeos empleando el algoritmo desarrollado por Gratton y colaboradores (Gratton et al., 1983). Segundo, se segmentó la señal temporal en *epochs* de 1100 ms, definidas de -100 a 1000 ms entorno a la ocurrencia del estímulo. Tercero, se llevó a cabo una corrección de la línea base tomando como referencia el intervalo anterior al estímulo (-100 a 0 ms). Cuarto, se revisó visualmente la señal temporal de *epochs* y se rechazaron aquéllos artefactados. Además, los casos en los que la señal del electro-oculograma horizontal estuvo fuera del rango de $\pm 75 \mu\text{V}$ fueron rechazados. Por último, se calculó el promedio de los *epochs* correspondientes al estímulo objetivo para cada sujeto. Siguiendo previas recomendaciones, se comprobó que todos los promedios individuales contaran con al menos 20 ensayos sin artefactos (Polich, 1986). Se calcularon los valores de latencia y amplitud del componente P3 en el electrodo que mostró la máxima amplitud para cada sujeto.

El componente P300 se identificó como el punto máximo de valencia positiva en el intervalo comprendido entre los 300-450 ms. Para una mejor determinación del pico se utilizó un filtro paso bajo de 30 Hz (48dB/octava) para eliminar posibles pequeñas fluctuaciones de frecuencias superiores. La latencia se determinó a partir del pico de máxima amplitud.

Además de la actividad neurofisiológica, se registró el porcentaje de aciertos total en la tarea *oddball*, el porcentaje de estímulos infrecuentes u objetivo que fueron correctamente identificados y el tiempo de reacción medio de las respuestas correctas.

Todos los análisis de la señal electroencefalográfica se llevaron a cabo con BrainVision Analyzer 2.2.1 (Brain Products GmbH, Alemania). Los resultados del desempeño durante la tarea *oddball* se extrajeron de E-Prime, usado para la estimulación.

2.4.3. Anál isis neuroanatómico

Se realizó un análisis morfométrico basado en vóxeles para obtener el volumen de sustancia gris y sustancia blanca y un análisis FSL/FIRST para obtener el volumen de los núcleos subcorticales, los tálamos y los hipocampos. Específicamente, las imágenes estructurales 3D T1 de cada participante, correspondientes al inicio y final de la intervención, se segmentaron utilizando el *software* SPM (Wellcome Centre for Human Neuroimaging, Londres, Reino Unido), una suite de Matlab (MathWorks, Natick, MA, EEUU), que contiene funciones y subrutinas con algunas rutinas externas compiladas en C, para obtener el volumen de sustancia gris y blanca. Adicionalmente la imagen estructural 3D T1 fue analizada con el *software* FSL/FIRST para obtener el volumen de los núcleos, tálamos e hipocampos.

La morfometría basada en vóxeles permite analizar las diferencias focales en la anatomía del cerebro, usando una aproximación estadística paramétrica mediante la división del cerebro en vóxeles. A partir de una resonancia magnética estructural, la técnica permite identificar las diferencias de concentración de sustancia gris y sustancia blanca en el cerebro en cada uno de los vóxeles en los que se ha dividido la imagen. El software FIRST es una herramienta de FSL (FMRIB Analysis Group, Oxford University, Reino Unido), una biblioteca de herramientas de análisis para datos de imágenes cerebrales provenientes de resonancia magnética, resonancia magnética funcional y tractografía por tensor de difusión (Jenkinson et al., 2012). FIRST permite la segmentación automática de algunas estructuras subcorticales (putamen, núcleo caudado, núcleo accumbens, globo pálido, hipocampo, amígdala, tálamo y tronco encefálico)(Patenaude et al., 2011)

La morfometría basada en vóxel se llevó a cabo utilizando el software SPM8 y Matlab r2013a. Se utilizó FSL5.0.9 para segmentar las estructuras subcorticales.

3. Resultados

Capítulo 3

Resultados

3.1. Participantes

Durante el período entre junio del 2017 y abril del 2018 un total de 376 individuos fueron incluidos en un programa de neurorrehabilitación en los centros de reclutamiento anteriormente descritos. Sesenta y un sujetos (16.2% del total) cumplieron con los criterios de participación en este estudio, de los cuales 44 aceptaron participar. Siguiendo el procedimiento descrito en la sección 2.3.1, los participantes fueron asignados aleatoriamente a una de las intervenciones diseñadas (no competitiva y competitiva) y distribuidos en grupos de tres o cuatro sujetos en cada uno de los centros de reclutamiento. Uno de los participantes de la intervención no competitiva fue dado de alta antes de completar el protocolo de intervención por lo que sus datos no fueron incluidos en el análisis final. El resto de los participantes completaron la totalidad de las sesiones definidas en el protocolo de intervención (Figura 29).

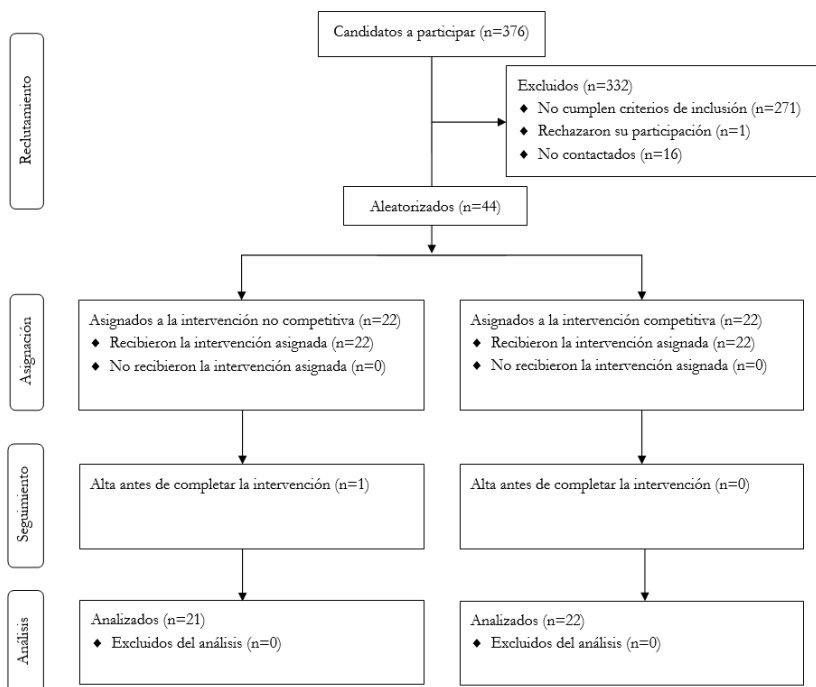


Figura 29. Diagrama de flujo de la declaración CONSORT

Un total de 43 sujetos, 19 mujeres y 24 hombres, con una media de edad de 52.3 ± 14.8 años fueron incluidos en el estudio. Los participantes habían sufrido un ictus isquémico ($n = 21$) o hemorrágico ($n = 22$), bien en el hemisferio izquierdo ($n = 13$), derecho ($n = 16$) o en otras regiones cerebrales ($n = 14$). Presentaron una cronicidad media de 403.3 ± 243.2 días, definida como el tiempo transcurrido entre el momento en el que se produjo la lesión y el momento en el que fueron incluidos en el presente estudio.

Ambos grupos resultaron ser comparables respecto a las variables clínicas, sociodemográficas y de personalidad (Tabla 3). Todos los participantes ($n = 43$) fueron incluidos en el estudio de efectividad clínica, experiencia de usuario e influencia de la competitividad. De los 22 participantes de la intervención competitiva, 17 fueron incluidos en el estudio neurofisiológico y nueve en el estudio neuroanatómico (Figura 30).

Tabla 3. Características de los participantes en el estudio de efectividad clínica, experiencia de usuario e influencia de la competitividad

	Grupo no competitivo (n = 21)	Grupo competitivo (n = 22)	Significación
<i>Sexo (n, %)</i>			NS (p = .543)
<i>Mujeres</i>	11 (50.0%)	8 (38.1%)	
<i>Hombres</i>	11 (50.0%)	13 (61.9%)	
<i>Edad (años)</i>	52.9±10.6	51.7±18.1	NS (p = .805)
<i>Etiología (n, %)</i>			NS (p = .366)
<i>Ictus isquémico</i>	12 (57.1%)	9 (40.9%)	
<i>Ictus hemorrágico</i>	9 (42.9%)	13 (59.1%)	
<i>Clasificación Oxford (n, %)</i>			NS (p = .613)
TACI	2(16.7%)	0 (0%)	
PACI	5 (41.7%)	5 (55.6%)	
LACI	2 (16.7%)	2 (22.2%)	
POCI	3 (25.0%)	2 (22.2%)	
<i>Localización de la lesión (n, %)</i>			NS (p = .378)
<i>Izquierda</i>	7 (33.3%)	6 (27.3%)	
<i>Derecha</i>	9 (42.9%)	7 (31.8%)	
<i>Bilateral</i>	1 (4.8%)	6 (27.3%)	
<i>Tronco de encéfalo</i>	2 (9.5%)	2 (9.1%)	
<i>Cerebelo</i>	2 (9.5%)	1 (4.5%)	
<i>Cronicidad (días)</i>	433.6±258.5	374.3±229.9	NS (p = .431)
<i>Educación (años)</i>	12.9±4.3	11.0±4.0	NS (p = .148)
<i>Mini-Mental State Examination [0-30]</i>	26.3±1.7	26.8±1.8	NS (p = .367)
<i>Mississippi Aphasia Screening Test [0-50]</i>	48.6±1.5	48.0±1.6	NS (p = .235)
<i>D2 Test of Attention</i>	228.6±42.8	207.6±68.8	NS (p = .240)
<i>Índice de Competitividad [9-45]</i>	36.1±8.0	33.0±13.1	NS (p = .351)

Sexo, etiología y localización de la lesión están expresados como número y porcentaje del número total de participantes. Edad, cronicidad, educación y las puntuaciones en las medidas clínicas y de personalidad están expresados como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo.

La descripción detallada de los participantes incluidos en la exploración neurofisiológica y neuroanatómica se proporciona en las secciones 3.5 y 3.6, respectivamente.

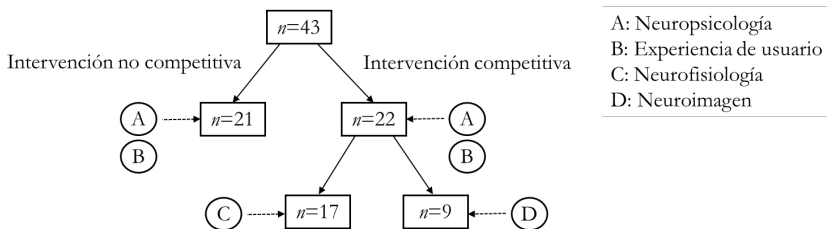


Figura 30. Participación en las distintas exploraciones del estudio

3.2. Habilidades cognitivas

Como se comentó en la sección 2.3.2, todos los participantes del estudio ($n = 43$) fueron valorados con una batería de instrumentos neuropsicológicos antes y después de la intervención para determinar la efectividad de la intervención en distintas habilidades cognitivas.

En ambas intervenciones (no competitiva y competitiva) se detectó un efecto significativo del tiempo en todas las variables cognitivas bajo estudio (Tabla 4). Los efectos temporales detectados evidenciaron una mejoría significativa en todas las variables, tanto tras la intervención no competitiva como tras la intervención competitiva. Sin embargo, la mejoría detectada tras la intervención competitiva en todas las habilidades cognitivas, excepto la atención dividida, resultó ser significativamente mayor, en comparación con la intervención no competitiva. Concretamente, se obtuvieron mejorías significativas en velocidad de procesamiento, atención selectiva y memoria de trabajo, lo cual se evidenció en todas las variables clínicas empleadas para la evaluación de estas habilidades. Los resultados reflejaron un mayor efecto de la intervención competitiva en atención sostenida e inhibición, respaldado por las puntuaciones en el *D2 Test of Attention*, pero no por el número de omisiones, comisiones o perseveraciones en el *Conners' Continuous Performance Test*. Aunque no existen diferencias estadísticamente significativas en atención dividida, la mejoría observada en la Parte B del *Color Trail Test* mostró una tendencia a la significación tras la intervención ($F(2, 41) = 3.92, p = .054$).

Tabla 4. Efecto de la intervención en las habilidades cognitivas

	Valoración inicial (<i>n</i> = 43)	Valoración final (<i>n</i> = 43)	Significación
<i>Conners' Continuous Performance Test-II</i>			
<i>Tiempo de reacción (ms)</i>			T**(<i>p</i> <.001, $\eta^2_p=.29$)
<i>No competitivo</i>	478.5±103.1	468.6±93.6	GxT**(<i>p</i> =.006, $\eta^2_p=.17$)
<i>Competitivo</i>	513.1±111.0	457.4±90.4	
<i>Omisiones (n)</i>			T*(<i>p</i> =.049, $\eta^2_p=.09$)
<i>No competitivo</i>	11.2±17.5	8.1±9.8	GxT(<i>p</i> =.714, $\eta^2_p<.01$)
<i>Competitivo</i>	13.8±19.5	9.3±15.5	
<i>Comisiones (n)</i>			T*(<i>p</i> =.036, $\eta^2_p=.10$)
<i>No competitivo</i>	10.9±5.0	9.6±5.4	GxT(<i>p</i> =.683, $\eta^2_p<.01$)
<i>Competitivo</i>	10.9±7.4	9.1±5.3	
<i>Perseveraciones (n)</i>			T*(<i>p</i> =.028, $\eta^2_p=.11$)
<i>No competitivo</i>	1.7±2.9	1.2±1.7	GxT(<i>p</i> =.246, $\eta^2_p=.03$)
<i>Competitivo</i>	3.3±5.9	1.8±3.1	
<i>D2 Test of Attention</i>			
<i>Puntuación total</i>			T**(<i>p</i> <.001, $\eta^2_p=.31$)
<i>No competitivo</i>	228.6±42.9	257.8±63.5	GxT*(<i>p</i> =.038, $\eta^2_p=.10$)
<i>Competitivo</i>	207.6±68.8	294.4±117.5	
<i>Color Trail Test</i>			
<i>Parte A (s)</i>			T*(<i>p</i> =.015, $\eta^2_p=.14$)
<i>No competitivo</i>	70.1±30.4	68.4±32.8	GxT*(<i>p</i> =.036, $\eta^2_p=.10$)
<i>Competitivo</i>	80.1±59.2	59.2±22.9	
<i>Parte B (s)</i>			T**(<i>p</i> <.001, $\eta^2_p=.23$)
<i>No competitivo</i>	145.1±48.8	135.4±52.0	GxT(<i>p</i> =.054, $\eta^2_p=.09$)
<i>Competitivo</i>	179.4±84.5	144.9±48.3	
<i>Digit Span (n)</i>			
<i>No competitivo</i>	12.3±3.1	12.7±4.0	T**(<i>p</i> =.002, $\eta^2_p=.22$)
<i>Competitivo</i>	10.9±2.7	12.7±2.4	GxT*(<i>p</i> =.037, $\eta^2_p=.10$)
<i>Spatial Span (n)</i>			
<i>No competitivo</i>	13.1±3.5	13.9±3.4	T**(<i>p</i> <.001, $\eta^2_p=.29$)
<i>Competitivo</i>	12.0±3.2	14.5±2.9	GxT*(<i>p</i> =.038, $\eta^2_p=.10$)

Los resultados de todas las variables en las valoraciones y el cambio están expresados como medias y desviaciones estándar. T: Efecto Tiempo. GxT: Efecto grupo-tiempo. *: *p*<.05, ***p*<.01.

3.3. Motivación

Como en la investigación de la efectividad clínica, todos los participantes del estudio (*n* = 43) reportaron su experiencia de usuario tras la intervención, incluyendo la motivación experimentada.

Los participantes que recibieron la intervención competitiva

reportaron una mayor motivación que aquellos que recibieron la intervención no competitiva, según los resultados en el interés evocado por ambas intervenciones ($t(41) = 2.31, p = .026$) (Tabla 5). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el nivel de aptitud percibida, en la presión/tensión experimentada, ni en el valor/utilidad atribuido a la intervención, si bien el grupo competitivo proporcionó mejores puntuaciones en todos los constructos.

Tabla 5. Efecto de la intervención en la motivación

	Grupo no competitivo ($n = 21$)	Grupo competitivo ($n = 22$)	Significación
<i>Interés/diversión [1-7]</i>	5.1±1.0	5.8±0.8	$p=.026$
<i>Aptitud percibida [1-7]</i>	4.9±1.1	5.3±1.3	NS ($p=.344$)
<i>Presión/tensión¹ [1-7]</i>	2.6±1.5	2.2±1.3	NS ($p=.359$)
<i>Valor/utilidad [1-7]</i>	5.3±1.1	5.7±1.2	NS ($p=.289$)

Los datos se expresan como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo. ¹Las puntuaciones en este ítem deben interpretarse de forma opuesta al resto de ítems, siendo mejores, aquellas puntuaciones más bajas.

3.4. Competitividad

El análisis comparativo de la competitividad entre ambos grupos y el de la influencia de la competitividad en la efectividad clínica y la motivación se llevó a cabo en todos los participantes del estudio.

Como se comentó en la descripción de los participantes (ver sección 3.1), no hubo diferencias en la preferencia por la competición entre ambos grupos ($t(41) = -.94, p = .351$), pese a que el grupo que participó en la intervención no competitiva mostró una competitividad media ligeramente superior al grupo que participó en la intervención competitiva (36.1 ± 8.0 vs 33.0 ± 13.1).

Los resultados de los análisis de moderación mostraron que la preferencia por la competición (competitividad) no moderó los efectos de la intervención en las habilidades cognitivas de los participantes. Específicamente, los análisis de moderación no mostraron efectos moderadores de la competitividad en el tiempo de reacción ($F(1,38) = 2.49, p = .123$), las omisiones ($F(1,38) = .01, p = .927$), las comisiones

($F(1,38) = .38, p = .540$), o las perseveraciones ($F(1,38) = 1.84, p = .183$) del *Conners' Continuous Performance Test*, ni en la puntuación total del *D2 Test of Attention* ($F(1,38) = 1.08, p = .306$), ni en la Parte A ($F(1,38) = 2.23, p = .143$) o B ($F(1,38) = 3.86, p = .057$) del *Color Trail Test*, ni en las puntuaciones del *Digit Span* ($F(1,37) = .02, p = .899$) o el *Spatial Span* ($F(1,38) = .40, p = .530$).

La competitividad tampoco mostró tener efectos moderadores en la experiencia de usuario experimentada en ambas intervenciones, de acuerdo con los resultados de los análisis en las puntuaciones de interés/diversión ($F(1,39) = 1.30, p = .261$), aptitud percibida ($F(1,39) = 1.46, p = .234$), presión/tensión ($F(1,39) = .09, p = .771$), o valor/utilidad ($F(1,39) = 1.47, p = .232$) del *Intrinsic Motivation Inventory*.

3.5. Potenciales evocados

Se analizó el efecto de la intervención competitiva en los potenciales evocados de un total de 17 participantes. Los cinco sujetos restantes que participaron en la intervención competitiva no fueron incluidos en estos análisis por dos causas. Primero, cuatro de ellos fueron excluidos de la exploración neurofisiológica porque presentaron crisis epilépticas sin control farmacológico en el mes previo a la exploración. Segundo, el otro participante fue descartado de los análisis porque no participó en la valoración tras la intervención. Los participantes analizados, nueve hombres y ocho mujeres, presentaron una edad media de 49.4 ± 20.2 años, una escolaridad de 11.2 ± 3.9 años y una cronicidad de 377.6 ± 233.6 días. Seis participantes habían sufrido un ictus isquémico y 11 participantes lesiones hemorrágicas en el hemisferio derecho ($n = 5$), izquierdo ($n = 5$) o en otras regiones cerebrales ($n = 7$) (Tabla 6).

Los resultados de los participantes en la tarea *oddball* se muestran en la Tabla 7. Los resultados reflejaron una tasa media total de aciertos del $92.8 \pm 7.6\%$ en la valoración inicial, lo cual evidenció que los participantes consiguieron identificar el estímulo objetivo (infrecuente) e ignorar el estímulo estándar (frecuente) con un porcentaje de aciertos muy elevado. Dicha tasa media total de aciertos aumentó hasta un $95.9 \pm 4.3\%$ tras la intervención. Sin embargo, dicha mejoría no supuso un cambio

significativo, si bien pudo evidenciar una tendencia a la significación ($t(16) = -1.9, p = .075$).

Tabla 6. Características de los participantes en el estudio neurofisiológico

Grupo competitivo (n=17)	
<i>Sexo (n, %)</i>	
<i>Mujeres</i>	9 (53.0 %)
<i>Hombres</i>	8 (47.0 %)
<i>Edad (años)</i>	
	49.4 ± 20.2
<i>Etiología (n, %)</i>	
<i>Ictus isquémico</i>	6 (35.3 %)
<i>Ictus hemorrágico</i>	11 (64.7 %)
<i>Clasificación de Oxford (n, %)</i>	
<i>TACI</i>	0 (0.0 %)
<i>PACI</i>	4 (66.6 %)
<i>LACI</i>	1 (16.6 %)
<i>POCI</i>	1 (16.6 %)
<i>Localización de la lesión (n, %)</i>	
<i>Izquierda</i>	5 (29.4 %)
<i>Derecha</i>	5 (29.4 %)
<i>Bilateral</i>	5 (29.4 %)
<i>Tronco de encéfalo</i>	1 (5.9 %)
<i>Cerebelo</i>	1 (5.9 %)
<i>Cronicidad (días)</i>	
	377.6 ± 233.6
<i>Educación (años)</i>	
	11.2 ± 3.9

Sexo, etiología y localización de la lesión están expresados como el número y porcentaje del número total de participantes. Edad, cronicidad y educación están expresados como medias y desviaciones estándar.

En cambio, el porcentaje de aciertos sobre el estímulo objetivo, el cual describe la habilidad del sujeto para discriminar estímulos y seleccionar los estímulos objetivo, sí evidenció una mejoría significativa tras la intervención competitiva. En concreto, antes de la intervención los participantes mostraron una tasa media de aciertos sobre el estímulo objetivo de 77.0 ± 22.1 %. Tras la intervención, esta tasa aumentó hasta un 87.1 ± 12.6 %, lo cual supuso una mejoría significativa ($t(16) = -2.195, p = .043$), y acercó el desempeño de los participantes a población sana.

Finalmente, el tiempo de reacción de los participantes en los aciertos de la valoración inicial fue de 386.1 ± 41.5 ms. Aunque este tiempo se redujo hasta los 375.8 ± 50.1 ms tras la intervención, dicho cambio no fue significativo ($t(16) = 1.017, p = .324$).

Tabla 7. Efecto de la intervención competitiva en el desempeño en la tarea oddball del examen neurofisiológico

	Valoración inicial (<i>n</i> = 17)	Valoración final (<i>n</i> = 17)	Significación
<i>Aciertos totales (%)</i>	92.8 ± 7.6 %	95.9 ± 4.3 %	NS (<i>p</i> = .075)
<i>Aciertos totales sobre objetivo (%)</i>	77.0 ± 22.1 %	87.1 ± 12.6 %	<i>p</i> = .043
<i>Tiempo de reacción (ms)</i>	386.1 ± 41.5	375.8 ± 50.1	NS (<i>p</i> = .324)

Todos los resultados están expresados como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo.

Se identificó el componente P3 en todos los participantes, menos uno. Dicho participante fue un hombre de 56 años que había sufrido una hemorragia un año antes de comenzar el estudio que no presentó ninguna característica particular con respecto al resto de participantes. La valoración neurofisiológica al inicio mostró una amplitud media del componente P3 de $5.9 \pm 9.0 \mu\text{V}$, la cual se mantuvo sin cambios significativos tras la intervención, donde mostró un valor medio de $5.9 \pm 10.2 \mu\text{V}$ ($t(15) = -.079, p = .938$) (Tabla 8). La latencia del componente P3, sin embargo sí mostró una mejoría apreciable tras la intervención, aunque tampoco alcanzó la significación ($t(15) = 1.644, p = .121$). En concreto, se detectó un notable retraso de la latencia en la valoración inicial, con un valor medio de 437.7 ± 135.3 ms, que se redujo hasta los 415.5 ± 116.5 ms tras la intervención.

Tabla 8. Efectos neurofisiológicos de la intervención competitiva

	Valoración inicial (<i>n</i> = 16)	Valoración final (<i>n</i> = 16)	Significación
<i>Amplitud P300 (μV)</i>	5.9 ± 9.0	5.9 ± 10.2	NS (<i>p</i> = .938)
<i>Latencia P300 (ms)</i>	437.7 ± 135.3	415.5 ± 116.5	NS (<i>p</i> = .121)

Todos los resultados están expresados como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo.

Los resultados individuales de todos los participantes correspondientes a la exploración neurofisiológica previa y posterior a la intervención se proporcionan en el Anexo III.1.

3.6. Morfología cerebral

Se analizó el efecto de la intervención competitiva en la distribución de sustancia gris y blanca de distintas estructuras cerebrales en nueve participantes. Sin embargo, uno de ellos tuvo que ser descartado del

análisis, porque que sus pruebas presentaron artefactos debido a movimientos del paciente durante el estudio. Por lo tanto, el estudio de la morfología cerebral incluyó a ocho participantes. Un participante fue excluido de este estudio por ser portador de un marcapasos. El resto de pacientes no tuvieron capacidad de desplazamiento hasta el centro hospitalario donde se realizaron los estudios neuroanatómicos ($n = 12$).

Los participantes analizados incluyeron cuatro hombres y cuatro mujeres, con una edad media de 49.1 ± 17.0 años (Tabla 9). Cuatro participantes presentaron un ictus isquémico y cuatro un ictus hemorrágico, con una cronicidad media de 257.2 ± 98.7 días en el momento de su inclusión en el estudio. Un paciente presentó una lesión localizada en la región fronto-parietal, uno en la región frontal, dos en la cápsula interna, uno en la protuberancia, dos en el cerebelo y otro en la región periventricular.

Tabla 9. Características de los participantes en el estudio neuroanatómico

	Grupo competitivo (n=8)
<i>Sexo (n, %)</i>	
<i>Mujeres</i>	4 (50.0 %)
<i>Hombres</i>	4 (50.0 %)
<i>Edad (años)</i>	49.1 ± 17.0
<i>Etiología (n, %)</i>	
<i>Ictus isquémico</i>	4 (50.0 %)
<i>Ictus hemorrágico</i>	4 (50.0 %)
<i>Clasificación de Oxford (n, %)</i>	
<i>TACI</i>	0 (0.0 %)
<i>PACI</i>	2 (50.0 %)
<i>LACI</i>	1 (25.0 %)
<i>POCI</i>	1 (25.0 %)
<i>Localización de la lesión (n, %)</i>	
<i>Izquierda</i>	2 (25.0 %)
<i>Derecha</i>	2 (25.0 %)
<i>Bilateral</i>	2 (25.0 %)
<i>Tronco de encéfalo</i>	1 (12.5 %)
<i>Cerebelo</i>	1 (12.5 %)
<i>Cronicidad (días)</i>	257.2 ± 98.7
<i>Educación (años)</i>	11.1 ± 4.0

Sexo, etiología y localización de la lesión están expresados como el número y porcentaje del número total de participantes. Edad, cronicidad y educación están expresados como medias y desviaciones estándar.

El análisis morfométrico grupal del volumen de sustancia gris y blanca mostró una estabilización durante la intervención de la volumetría, tanto en los análisis de la sustancia gris y blanca por separado, como considerando ambas sustancias (Tabla 10).

Tabla 10. Efecto de la intervención competitiva en el volumen total de sustancia gris y blanca

	Valoración inicial (<i>n</i> = 8)	Valoración final (<i>n</i> = 8)	Significación
<i>Sustancia gris (ml)</i>	522.6 ± 43.4	523.1 ± 47.2	NS (<i>p</i> = .922)
<i>Sustancia blanca (ml)</i>	593.6 ± 77.5	597.6 ± 79.9	NS (<i>p</i> = .460)
<i>Sustancia gris y blanca (ml)</i>	1116.3 ± 79.4	1120.7 ± 82.0	NS (<i>p</i> = .113)

Todos los resultados están expresados como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo.

Los resultados del análisis del volumen de las estructuras cerebrales mostraron un aumento significativo del volumen tanto del tálamo derecho ($t(7) = -2.584, p = .036$) como del izquierdo ($t(7) = -2.466, p = .043$), así como una tendencia a la significación en el volumen del hipocampo derecho ($t(7) = -2.220, p = .062$) (Tabla 11). El resto de las estructuras analizadas incrementaron su volumen medio de manera no significativa, a excepción del globo pálido izquierdo y la amígdala izquierda, que permanecieron estables.

Tabla 11. Efecto de la intervención competitiva en el volumen de las estructuras de interés

	Valoración inicial (<i>n</i> = 8)	Valoración final (<i>n</i> = 8)	Significación
<i>Tálamo derecho (ml)</i>	6.66 ± 0.51	6.85 ± 0.57	<i>p</i> = .036
<i>Tálamo izquierdo (ml)</i>	6.74 ± 1.07	6.85 ± 1.13	<i>p</i> = .043
<i>Estriado derecho (ml)</i>	8.19 ± 1.02	8.40 ± 0.81	NS (<i>p</i> = .183)
<i>Estriado izquierdo (ml)</i>	7.83 ± 1.54	8.24 ± 1.98	NS (<i>p</i> = .142)
<i>Hipocampo derecho (ml)</i>	3.60 ± 0.44	3.72 ± 0.41	NS (<i>p</i> = .062)
<i>Hipocampo izquierdo (ml)</i>	3.17 ± 0.84	3.29 ± 0.63	NS (<i>p</i> = .331)
<i>Globo pálido derecho (ml)</i>	1.51 ± 0.24	1.56 ± 0.18	NS (<i>p</i> = .519)
<i>Globo pálido izquierdo (ml)</i>	1.63 ± 0.33	1.63 ± 0.29	NS (<i>p</i> = .901)
<i>Amígdala derecha (ml)</i>	1.17 ± 0.27	1.24 ± 0.18	NS (<i>p</i> = .298)
<i>Amígdala izquierda (ml)</i>	1.00 ± 0.38	1.00 ± 0.27	NS (<i>p</i> = .912)
<i>Accumbens derecho (ml)</i>	0.26 ± 0.05	0.27 ± 0.08	NS (<i>p</i> = .485)
<i>Accumbens izquierdo (ml)</i>	0.28 ± 0.09	0.32 ± 0.05	NS (<i>p</i> = .302)

Todos los resultados están expresados como medias y desviaciones estándar. NS: No significativo.

Los resultados del análisis morfométrico individual de las estructuras anatómicas de interés segmentadas en la imagen anatómica 3D ponderada en T1 se proporcionan en el 0.

4. Discusión

Capítulo 4

Discusión

4.1. Resumen

Los déficits atencionales se encuentran entre los deterioros cognitivos más comunes observados después de sufrir un accidente cerebrovascular. Sin embargo, sólo un número muy limitado de estudios ha investigado la efectividad de intervenciones específicamente destinadas a la rehabilitación de estos déficits en sujetos con problemas de atención post-ictus. Aunque varias intervenciones han incluido el uso de ejercicios interactivos para proporcionar estímulos dinámicos, información del desempeño en tiempo real y tareas motivadoras, los estudios existentes no han explotado los beneficios potenciales de las intervenciones grupales. Estudios anteriores han reportado que las intervenciones competitivas y grupales pueden resultar más agradables y motivadoras, según los rasgos individuales, y pueden ser potencialmente más exigentes, lo que puede aumentar la eficacia de las intervenciones.

El presente trabajo describe la efectividad clínica y el nivel de motivación de una intervención grupal sobre los déficits atencionales post-ictus que combina ejercicios convencionales tipo lápiz-papel y ejercicios gamificados e interactivos a través de un sistema multitáctil, que fueron administrados de forma competitiva o no competitiva. Además, detalla los

efectos moderadores de los rasgos de competitividad sobre la efectividad clínica y la motivación. Finalmente, identifica los efectos neurofisiológicos y neuroanatómicos de la intervención competitiva.

Los resultados evidencian la efectividad clínica de ambas intervenciones (competitiva y no competitiva), las cuales proporcionaron beneficios en las habilidades cognitivas entrenadas. Sin embargo, la intervención competitiva proporcionó mayores beneficios que la intervención no competitiva en todas las habilidades cognitivas investigadas a excepción de la atención dividida. La intervención competitiva resultó proporcionar, además, un mayor grado de motivación. La mayor motivación derivada de la competición podría explicar, en parte, la mayor efectividad de esta intervención, lo cual va en línea de estudios previos. Dichos estudios señalan que, tras una lesión cerebral, los pacientes más motivados y comprometidos obtienen mejores resultados. Apuntan a diversos factores, como el tipo de intervención, la relevancia de los objetivos planteados, el ajuste del nivel de dificultad a las capacidades de cada paciente y el nivel de fatiga y diversión o disfrute, como posibles causas de un mayor compromiso. Interesantemente, la preferencia por la competición de los participantes no moderó la efectividad y la motivación de las intervenciones, lo cual reveló que la intervención competitiva proporcionó mayores beneficios clínicos y motivación, con independencia de la competitividad de los participantes.

Los resultados de la exploración neurofisiológica de los efectos de la intervención competitiva mostraron una estabilización de la amplitud y una reducción no significativa de la latencia del componente P3 tras la intervención. Las mejorías cognitivas derivadas de esta intervención, por tanto, podrían deberse a un reclutamiento más efectivo de los recursos atencionales, más que a un incremento de los recursos disponibles. El análisis de los cambios neuroanatómicos derivados de la intervención competitiva no identificó cambios en el volumen total de sustancia gris o blanca. Sin embargo, evidenció un aumento del tálamo y un incremento no significativo del hipocampo derecho, estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento atencional y en la conducta motivada. Estos cambios podrían suponer el correlato neuroanatómico de los hallazgos conductuales encontrados.

Por todo ello, los resultados del presente trabajo apoyan la eficacia y motivación de la intervención combinada mediante ejercicios convencionales y ejercicios interactivos gamificados, administrados de manera grupal y competitiva. Los mayores efectos derivados del enfoque competitivo, frente al no competitivo, parecen ser independientes de la competitividad de los participantes. Podrían deberse a un uso más eficiente de los recursos neurales disponibles, y tendrían un efecto en estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento atencional y en la conducta motivada. Estos hallazgos apoyan la validez clínica de la intervención diseñada, la cual podría constituir una alternativa eficaz y motivante para el tratamiento de los déficits atencionales tras un ictus.

4.2. Habilidades cognitivas

Aunque la gran heterogeneidad de instrumentos utilizados en los diferentes estudios publicados dificulta una comparación detallada de nuestros resultados con las investigaciones previas, los efectos de la intervención competitiva y no competitiva sobre los déficits de atención concuerdan con los hallazgos documentados previamente. En primer lugar, nuestros resultados mostraron una reducción del tiempo de reacción tras la intervención, evidenciado por el *Conners' Continuous Performance Test-II*, lo que refleja una mejora en el tiempo de respuesta a los estímulos, comúnmente enlentecido tras un ictus (Alonso-Prieto et al., 2002). Resultados semejantes han sido reportados por los efectos del entrenamiento en estudios previos que emplearon tanto el *Test of Attentional Performance* (Rohring et al., 2004) como el *Viena Test System* (Walter Sturm & Willmes, 1991). En segundo lugar, los resultados en nuestro estudio del *D2 Test of Attention*, empleado comúnmente para valorar la atención sostenida y selectiva, fueron también apoyados por estudios previos que emplearon este mismo test (Rohring et al., 2004; Walter Sturm & Willmes, 1991). En tercer lugar, las mejoras en el *Color Trail Test*, una versión que carece del componente de lenguaje del *Trail Making Test*, son coherentes con los resultados de intervenciones cognitivas anteriores diseñadas para mejorar la atención dividida, medida con este mismo instrumento (Barker-Collo et al., 2009; Faria et al., 2016; Winkens et al., 2009; Yoo et al., 2015). Finalmente, las mejoras en atención

selectiva y memoria de trabajo secundarias a nuestra intervención apoyan los resultados de intervenciones previas, que muestran mejoras en el funcionamiento cognitivo tanto en el *Digit Span* como en el *Spatial Span* (das Nair et al., 2016; Yoo et al., 2015). Todos estos resultados apoyan la validez de programas intensivos específicos para la mejora de las alteraciones cognitivas tras un ictus, incluyendo, aunque no limitándose, a los déficits atencionales. Tal y como ocurre en el estudio presentado, la combinación de intervenciones cognitivas interactivas apoyadas por aplicaciones informáticas, con abordajes convencionales personalizados ha demostrado su eficacia en pacientes con daño cerebral en estadios crónicos (Weicker et al., 2020). Sin embargo, las mejoras atencionales detectadas podrían ser especialmente relevantes considerando que podrían facilitar la rehabilitación de otras habilidades cognitivas y maximizar la recuperación funcional en pacientes con ictus (Hyndman et al., 2008).

El aumento de las mejoras mostrado por los participantes tras la intervención competitiva en la mayoría de dominios atencionales podrían deberse, al menos parcialmente, a un incremento del esfuerzo de estos participantes en comparación con aquéllos que participaron en la intervención no competitiva. Este efecto podría haber sido potencialmente facilitado por los factores estresantes vinculados a la competición, como la evaluación social (Cooke et al., 2013). La mayor efectividad de la intervención competitiva observada en este estudio está en consonancia con estudios previos sobre la función motora (Baur et al., 2018; Mandehgary Najafabadi et al., 2019), el esfuerzo físico y la intensidad (Goršič et al., 2017; Le Bouc & Pessiglione, 2013). Los efectos aumentados derivados de la competición pueden detectarse en casi todas las medidas dependientes del tiempo. Las mejoras en el tiempo de respuesta y en la velocidad de procesamiento, demostradas por un descenso en el tiempo de reacción del *Conners' Continuous Performance Test-II*, podrían contribuir a una reducción del tiempo necesario para el desarrollo de otros test como el *Color Trail Test* o en la mejora del procesamiento de múltiples estímulos durante un tiempo determinado, como es el caso del *D2 Test of Attention*. En este sentido, mejoras en la velocidad de ejecución han sido reportadas después de intervenciones específicas diseñadas para el entrenamiento atencional frente a intervenciones convencionales (Winkens et al., 2009). Las estrategias competitivas en las que interviene la velocidad de procesamiento podrían ser especialmente interesantes para mejorar su

rehabilitación, dado que se trata de una habilidad notablemente deteriorada tras lesiones cerebrovasculares (Rasquin et al., 2004; Su et al., 2015), especialmente si afectan al hemisferio derecho (Gerritsen et al., 2003).

La ausencia de diferencias entre grupos para otras medidas del *Conners' Continuous Performance Test-II* distintas del tiempo de reacción podría demostrar que la dinámica competitiva no resulta especialmente beneficiosa para la inhibición. Sin embargo, de todas las medidas investigadas por este test, sólo el tiempo de reacción ha mostrado una fiabilidad test-retest satisfactoria en individuos con ictus crónico (Chen et al., 2009). Además, las medidas conductuales de la respuesta de inhibición valoradas por el *Conners' Continuous Performance Test-II*, como las tareas *go-no go*, tienen una débil correlación con la impulsividad autorreportada (Sharma et al., 2014), y es probable que involucren a más de un proceso subyacente (Skippen et al., 2019).

Tras la intervención competitiva se observa un descenso significativo en el tiempo requerido para completar la Parte A del *Color Trail Test*, pero no la Parte B. Esto podría deberse a los diferentes requerimientos cognitivos de ambas partes. Al igual que sucede en el *Trail Making Test*, la Parte A del *Color Trail Test* evalúa predominantemente la velocidad de procesamiento, lo cual podría explicar la sensibilidad a los efectos de la intervención. La Parte B, en cambio, se ha relacionado con un aspecto más ejecutivo como es la flexibilidad cognitiva (Kopp et al., 2015). Sin embargo, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la intervención competitiva y la no competitiva en la Parte B del *Color Trail Test*, sí se encontraron diferencias con tendencia a la significación. La inclusión de muestras más amplias o intervenciones más prolongadas podría haber evidenciado mayores efectos. En cualquier caso, los efectos de la intervención competitiva en este test deberían ser puestos en valor, teniendo en cuenta los escasos efectos detectados en instrumentos similares reportados por otras intervenciones cognitivas (Barker-Collo et al., 2009; Faria et al., 2016). La inclusión de la Parte B del *Color Trail Test* como la única medida de atención dividida podría haber limitado una detección más precisa de los efectos del entrenamiento en este dominio atencional. Aunque este subtest incluye un amplio número de estímulos que deben ser atendidos, casi el doble que su equivalente en

el *Trail Making Test*, el rendimiento en esta prueba podría estar modulado por otras habilidades cognitivas, como la flexibilidad y la capacidad específica para atender a dos tareas de forma simultánea. Aunque este test se ha empleado en estudios previos para valorar la atención dividida (Barker-Collo et al., 2009; Winkens et al., 2009), otras medidas que consideren el tiempo de reacción ante dos tareas de elección simultánea, como el *Test for Attentional Performance* (Nathan & Scobell, 2012), podrían reflejar mejor los efectos de la intervención. Esto podría explicar las diferencias observadas entre el presente estudio y estudios previos que han reportado mejoras en atención dividida tras programas de rehabilitación cognitiva en pacientes con ictus (Lincoln et al., 2000; Virk et al., 2015).

Las mejoras significativas observadas tanto en el *Digit Span* como en el *Spatial Span* tras la intervención competitiva frente a la intervención no competitiva reflejan los efectos positivos de la intervención sobre la memoria de trabajo. Aunque existen algunos resultados controvertidos en relación a los mecanismos implicados en la modalidad directa e inversa de estos test (Donolato et al., 2017) y las diferencias entre ambos (Wilde & Strauss, 2002), generalmente se acepta que ambos se encuentran vinculados a la memoria de trabajo y al control ejecutivo, especialmente en la modalidad inversa (Wilde & Strauss, 2002). Estas habilidades cognitivas se han relacionado con nivel de participación activa en el proceso de rehabilitación (Skidmore et al., 2010) y, quizás de forma más relevante, han demostrado ser predictores cognitivos de funcionamiento social (Hommel et al., 2009).

Todos estos resultados confirman la hipótesis principal del presente trabajo y apuntan a que la inclusión de un paradigma competitivo en una intervención grupal que combina herramientas convencionales e interactivas permitiría promover una mayor mejoría de los déficits atencionales, a excepción de la atención dividida, además de una mayor mejoría en la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo.

4.3. Motivación

Los resultados de la motivación experimentada por los participantes de ambas intervenciones, competitiva y no competitiva, denotan la elevada

aceptación de la combinación de ejercicios convencionales y ejercicios interactivos gamificados, en consonancia con intervenciones previas, tanto en funciones cognitivas (Llorens et al., 2015) como motoras (Colomer et al., 2016). Sin embargo, las valoraciones autoinformadas en el *Intrinsic Motivation Inventory* reflejan una mayor diversión durante la intervención competitiva que durante la variante no competitiva. Estos hallazgos también van en la línea de estudios previos, que han identificado las intervenciones competitivas como más divertidas que otras alternativas (Goršič et al., 2017; Walker, 2010). La ausencia de diferencias en la aptitud percibida, en la presión/tensión experimentada, y en el valor/utilidad de ambas intervenciones está también apoyada por la literatura existente. Un estudio anterior que examinó la experiencia subjetiva generada por diferentes modalidades interactivas en el contexto rehabilitador usando también el *Intrinsic Motivation Inventory* como instrumento de valoración tampoco logró identificar diferencias en otra dimensión distinta al interés/diversión (Goršič et al., 2017). Curiosamente, y a pesar el nombre de éste instrumento, la subescala interés/diversión es considerada la única medida de motivación intrínseca incluida en el cuestionario (R. Ryan & Deci, 1994).

La mayor puntuación proporcionada a la intervención competitiva en esta subescala, podría explicar, parcialmente, los mayores efectos observados tras esta intervención en las habilidades cognitivas. No en vano, el aumento de la diversión ha mostrado mediar en una mejor ejecución (Bauer & Hämmig, 2014; Cooke et al., 2013), lo cual, a su vez, está asociado con un aumento del esfuerzo (Cooke et al., 2013; Harackiewicz & Sansone, 1991; R. M. Ryan & Deci, 2000b). Este factor ha sido ampliamente identificado en la rehabilitación tras un ictus, donde es común observar mejores resultados en individuos con una mayor motivación (Maclean et al., 2002). Esta observación podría explicarse, entre otras causas, por la mayor adherencia al tratamiento de estos individuos (Barzel et al., 2015; Maclean et al., 2002). No obstante, la inclusión de ejercicios gamificados interactivos en intervenciones diseñadas para población adulta, como la empleada en nuestro estudio, debería considerar el nivel de familiaridad de los participantes con el uso de ordenadores (Turunen et al., 2019), más que la edad (Lam et al., 2015). Esta familiaridad podría ser un factor determinante para la adherencia al tratamiento. La elevada adherencia observada en nuestro estudio, donde

todos los participantes acudieron a todas las sesiones, podría verse también respaldada por su participación previa en un programa de rehabilitación cognitiva con el mismo equipo clínico.

En conclusión, los informes de la motivación suscitada por ambas intervenciones confirman que la adición de un paradigma competitivo a la intervención combinada de ejercicios convencionales y gamificados interactivos resultó en un aumento de la motivación suscitada, lo cual confirma esta hipótesis secundaria del presente trabajo.

4.4. Competitividad

La ausencia de efectos mediadores de los rasgos de competitividad en la efectividad de las intervenciones o en la motivación suscitada contradice resultados previos (Meythaler et al., 2002; Novak et al., 2014; Schmierbach et al., 2012; Song et al., 2010). Estos resultados podrían deberse a diferentes factores. En primer lugar, el ajuste del nivel de dificultad de los ejercicios, tanto convencionales como interactivos, a las capacidades de cada uno de los participantes aseguró que todos ellos fueran capaces de alcanzar los objetivos. Así se evitó la preocupación por un mal desempeño o por decepcionar a sus competidores, factores que han demostrado contribuir al rechazo de la competición (Novak et al., 2014). En segundo lugar, todos los participantes de nuestro estudio se conocían entre sí. Interesantemente, la relación entre competidores ha demostrado influenciar positivamente el compromiso con la tarea y la preferencia por la competición (Peng & Hsieh, 2012). Finalmente, las diferencias metodológicas empleadas para valorar la influencia de la competición, incluyendo el análisis de varianza (Song et al., 2010) y covarianza (Schmierbach et al., 2012), la validación cruzada (Novak et al., 2014) y el análisis de moderación empleado en el presente trabajo, podrían tener distinta sensibilidad a la influencia de la competitividad en las variables analizadas.

Aunque la intervención presentada en este trabajo se focalizó exclusivamente en habilidades cognitivas, las mejoras atencionales no son exclusivas del entrenamiento cognitivo. Así pues, se han detectado mejorías de las habilidades cognitivas tras intervenciones físicas (Zheng et

al., 2016) y efectos prometedores sobre la función cognitiva derivados de entrenamientos que combinan aspectos físicos y cognitivos (Kim et al., 2011; Unibaso-Markaida et al., 2019). Cabe resaltar que el entrenamiento combinado de habilidades físicas y cognitivas ha demostrado aportar mayores mejorías que el entrenamiento de estas habilidades de forma aislada (Bo et al., 2019). La adición de la dinámica de competición a estas intervenciones combinadas podría facilitar mayores beneficios.

La ausencia de efectos mediadores de la preferencia por la competición en la efectividad clínica de las intervenciones y en la motivación suscitada por éstas contradice la hipótesis secundaria relacionada del presente trabajo. Interesantemente, este hallazgo supone, en cambio, que la intervención competitiva resultó ser más efectiva y motivante que la no competitiva, independientemente de la competitividad de los participantes, lo cual podría hacerla apta incluso para aquellos sujetos con limitada tendencia a la competición.

4.5. Potenciales evocados

El desempeño de los participantes en la tarea *oddball* en la exploración previa a la intervención competitiva, definido tanto mediante el porcentaje de aciertos sobre el estímulo objetivo como mediante el tiempo de reacción, resultó ser inferior a valores normativos (Kok, 2001). Este resultado corrobora los déficits atencionales y el enlentecimiento en la velocidad de procesamiento detectados en la valoración neuropsicológica. El incremento del porcentaje de aciertos sobre el objetivo tras la intervención podría evidenciar un efecto positivo de la intervención, lo cual está en consonancia con la disminución detectada en el número de omisiones, comisiones y perseveraciones del *Conners' Continuous Performance Test-II*. La ausencia de mejorías en el tiempo de reacción de esta tarea, en oposición a la mejoría en el tiempo de reacción detectada en el *Conners' Continuous Performance Test-II*, podría deberse a la naturaleza de los estímulos empleados en cada prueba. A diferencia de la tarea *oddball*, el *Conners' Continuous Performance Test-II* emplea múltiples estímulos no objetivo o distractores que consisten en letras del abecedario latino, las cuales podrían implicar un procesamiento cognitivo específico (S. W. Anderson et al., 1990; Ingles & Eskes, 2008).

Análogamente a los hallazgos conductuales, la exploración neurofisiológica inicial detectó una notable afectación en la morfología del componente P300, evidenciada por un descenso de la amplitud y un marcado aumento de la latencia, en comparación con resultados obtenidos en población sana (Kok, 2001; Pergher et al., 2019; Manuel Vázquez-Marrufo et al., 2013b). Estas alteraciones del componente P300 coinciden con los descubrimientos de investigaciones anteriores en sujetos con ictus, y son especialmente comunes tras lesiones del lóbulo parietal derecho (Alonso-Prieto et al., 2002, Hochstenbach et al., 1998). Por una parte, la disminución del componente P300 podría mostrar una menor intensidad en el procesamiento de los estímulos, así como una disminución de los recursos atencionales, tanto estructurales como funcionales (Linden, 2005). Por otra parte, el incremento de la latencia de este componente podría reflejar una peor sincronización de los procesos mentales (Linden, 2005). Ambos hallazgos neurofisiológicos están en consonancia con las alteraciones atencionales objetivadas en la valoración neuropsicológica previa a la intervención y con estudios previos, que han asociado alteraciones morfológicas del componente P300 a déficits de atención selectiva y memoria de trabajo (Hine & Debener, 2007; Huang et al., 2015; J. M. Olichney et al., 2002, 2008).

La ausencia de cambios neurofisiológicos significativos tras la intervención podría deberse a varias causas. Primero, la carga cognitiva del paradigma utilizado para la exploración neurofisiológica podría haber resultado demasiado simple para evidenciar ciertos mecanismos cognitivos que sí fueron detectados por los instrumentos neuropsicológicos utilizados (J. E. Alexander et al., 1994; Walhovd & Fjell, 2002). Segundo, el procesamiento cognitivo requerido por los estímulos presentados en cada prueba podría tener, también, correlatos neurofisiológicos distintos (Allison et al., 1994; Wong et al., 2005). Tercero, pese a observarse una reducción de los valores medios, la elevada variabilidad interindividual de los participantes en el estudio podría haber evitado detectar cambios en la latencia del componente P300. Este efecto, común en pacientes con lesiones cerebrales, supone un reto para la interpretación de este parámetro en estudios longitudinales grupales, como en este estudio, tal y como ha sido reportado previamente (Zamrini et al., 1991). Finalmente, la ausencia de cambios en la amplitud del componente P300 podría evidenciar un mantenimiento de la cantidad de

recursos neuronales disponibles (Neuhaus et al., 2010; Vázquez-Marrufo et al., 2014) y, por tanto, una limitada fenomenología plástica durante la intervención. La extensión de la intervención diseñada, que tuvo una duración media aproximada de siete semanas, podría haber limitado la ocurrencia de cambios cerebrales evidenciables mediante la exploración neurofisiológica. La necesidad de intervenciones prolongadas para evidenciar cambios estructurales y funcionales ha sido previamente descrita (Albert & Kesselring, 2012; Draganski et al., 2006; Pascual-Leone et al., 2005). Adicionalmente, la cronicidad de las lesiones presentadas por los participantes, todas ellas de más de seis meses de evolución, podrían haber limitado los mecanismos endógenos de plasticidad cerebral (Teasell & Hussein, 2018).

Los resultados de la exploración neuropsicológica y neurofisiológica evidencian, por tanto, una incongruencia entre la mejoría detectada tras la intervención en las habilidades cognitivas (y también en el porcentaje de aciertos sobre el estímulo en la tarea *oddball* del paradigma de estimulación de los potenciales evocados) y la ausencia de cambios neurofisiológicos significativos. Este hallazgo, el cual contradice la hipótesis secundaria relacionada del presente trabajo, ha sido previamente reportado, tanto en sujetos sanos como patológicos (Polich, 2007; Zamrini et al., 1991), y podría deberse a una limitada duración de la intervención. Interesantemente, la mejora conductual en ausencia de cambios neurofisiológicos, podría evidenciar un mejor uso de los recursos disponibles, más que a un incremento de los mismos.

4.6. Morfología cerebral

Los efectos deletéreos de las lesiones cerebrales presentadas por los pacientes en el volumen de sustancia blanca y gris son ampliamente conocidos (Diao et al., 2017; Y. Wang et al., 2016). Responden tanto a la interrupción del suministro de oxígeno y glucosa, a la que la sustancia blanca es particularmente susceptible debido a su menor circulación sanguínea colateral, como al entorno neuroquímico de la lesión, que es un origen potencial de inflamación, estrés oxidativo, desmielinización axonal y, en definitiva, daño estructural en estos tejidos (Lo et al., 2003; Matute & Ransom, 2012). La atrofia de estas estructuras, unida al envejecimiento

natural (Ramanoël et al., 2018), y a una esperable disfunción funcional de las conexiones cerebrales, también consecuencia del accidente cerebrovascular, podría suponer el correlato neural de los déficits cognitivos detectados en la valoración neuropsicológica. Interesantemente, el volumen de sustancia gris y blanca ha sido asociado al funcionamiento cognitivo y es susceptible tanto a los efectos de un ictus, como de la edad (Ramanoël et al., 2018; Valdés Hernández et al., 2013). Sin embargo, la mejoría cognitiva experimentada por los pacientes no estuvo asociada a cambios en la volumetría de ambos tejidos, la cual se mantuvo tras la intervención. Pese a que este hallazgo podría contradecir investigaciones en poblaciones adultas sanas (Cao et al., 2016), ha sido previamente reportado en individuos con ictus (Nyberg et al., 2018)

El análisis morfométrico, por el contrario, mostró cambios significativos tras la intervención competitiva en estructuras asociadas a las funciones cognitivas entrenadas. Este hallazgo apoya la especificidad anatómica de los procesos plásticos del cerebro, los cuales se circunscriben a las áreas implicadas en la tarea entrenada (Colom et al., 2016; Thomas & Baker, 2013). Los efectos significativos detectados en el volumen del tálamo y la tendencia a la significación de los efectos detectados en el hipocampo derecho tienen una especial relevancia clínica, pues ambas estructuras pueden experimentar una marcada atrofia tras un ictus. Una reducción significativa del tálamo ipsilesional y del hipocampo contralateral, unido a un aumento del grosor en la corteza contralateral, característico del proceso de compensación, ha sido reportada durante los tres meses siguientes al ictus (Brodtmann et al., 2012). La reducción del volumen de la sustancia gris, predominantemente talámica, también ha sido reportada tras un ictus isquémico, y ha sido asociada a déficits cognitivos (Stebbins et al., 2008).

Los cambios bilaterales observados en el tálamo tras la intervención pueden vincularse tanto a aspectos atencionales como motivacionales. El tálamo es una estructura subcortical clave en el circuito cortico-estriado-talámico-cortical que se encarga del procesamiento cognitivo y atencional (Xia et al., 2012). Aunque tradicionalmente se le ha considerado como una estación de relevo de información entre los receptores sensoriales y la corteza, la evidencia actual revela su participación activa en el procesamiento atencional (Mckhann, 2004). Diversos estudios de

neuroimagen evidencian que la amplia red que media la selección atencional incluye regiones de la corteza frontoparietal y el tálamo (Scolari et al., 2015; Vandenberghe et al., 2012). Concretamente, la red frontoparietal coordina la selección de señales atencionales en áreas visuales a través del tálamo (Snow et al., 2009). El núcleo pulvinar talámico, por otra parte, a través de sus conexiones corticales, está implicado en la alerta y en la localización de la atención (McAlonan et al., 2008). La actividad de los núcleos intralaminares talámicos ha mostrado aumentar durante la realización de tareas que implican tiempo de reacción y gran demanda atencional (Minamimoto & Kimura, 2002), por lo que se ha sugerido que estos núcleos, junto a la corteza cingulada anterior, podrían ejercer un papel importante en la generación y mantenimiento del nivel de alerta y atención (Quiroz Padilla et al., 2010). Estudios de potenciales evocados también sustentan la implicación del tálamo en los procesos atencionales. En concreto, la amplitud y la latencia del componente P300 ha mostrado correlacionar con el volumen del tálamo y de áreas parietales izquierdas, temporales y occipitales (Linden, 2005). Además, estudios con diversas patologías neurológicas han vinculado alteraciones del P300 con lesiones en estructuras subcorticales, como los ganglios basales y el tálamo (Munte et al., 1997; John M. Olichney & Hillert, 2004). Lesiones en la red fronto-talámica derecha han mostrado subyacer a déficits atencionales (Liu et al., 2018). Asimismo, lesiones en los núcleos talámicos se han asociado a distractibilidad (Fennell et al., 1992), una disminución de la concentración y del rendimiento ejecutivo (Van Der Werf et al., 2000) y el síndrome de negligencia unilateral (Watson et al., 1981). Además, de su vinculación con procesos atencionales, el tálamo tiene una participación activa en la conducta motivada a través de su implicación en el circuito cortico-estriado-pálido-talámico. Anatómicamente, el cíngulo anterior, el núcleo accumbens, el estriado (caudado y putamen), el globo pálido y el núcleo talámico dorso-medial, junto con el área tegmental ventral, son las principales estructuras responsables de establecer y mantener la motivación (Marin & Wilkosz, 2005). El núcleo accumbens, estructura clave del circuito motivacional, está inervada por aferencias provenientes de estructuras límbicas (amígdala, hipocampo) y de la corteza prefrontal, y proyecta, a su vez, sobre áreas implicadas en la expresión de la conducta motivada, como el cíngulo anterior, el globo pálido y el tálamo (G. E. Alexander et al., 1991).

Este circuito, que cuenta con una marcada influencia dopaminérgica, es el responsable de la activación conductual vinculada al esfuerzo (Salamone et al., 2007). El incremento del volumen del tálamo detectado en la exploración neuroanatómica en este estudio podría ser, por tanto, consecuencia del entrenamiento de las funciones atencionales durante la intervención competitiva, así como del mantenimiento de la conducta motivada.

El aumento del volumen del hipocampo derecho, pese a no alcanzar la significación, podría estar relacionado tanto con la mejoría de la memoria de trabajo detectada tras la intervención competitiva como con factores atencionales y motivacionales. El hipocampo es una estructura subcortical que mantiene conexiones con zonas del lóbulo temporal y la corteza de asociación, así como con el tálamo y la amígdala (Giap et al., 2000). Tiene una participación esencial en la memoria de trabajo, en la consolidación de la memoria a largo plazo y en funciones cognitivas superiores como la planificación (Jodo et al., 2005). El hipocampo tiene, además, una participación esencial en algunos procesos atencionales, como el procesamiento de estímulos durante la navegación espacial y la detección de estímulos novedosos (Floresco et al., 1997; Ito et al., 2008; Mannella et al., 2013). Además, la atención espacial requiere un mantenimiento activo de la información relevante en la memoria de trabajo, el cual involucra al hipocampo, que facilita la atención y los movimientos oculares (Burgess et al., 2002). El área hipocampal también se ha vinculado a la generación del componente P300 (Kirino et al., 2000). Además, como se ha comentado anteriormente, la conducta motivada dirigida a un objetivo depende de una red neuronal que incluye la corteza prefrontal, el estriado, el núcleo accumbens y estructuras límbicas como la amígdala y el hipocampo (Corbit & Balleine, 2005; Yin et al., 2005). Así, se ha demostrado que, durante la ejecución de una tarea de memoria episódica, la información relativa a la recompensa influye en el sistema hipocampal a través de su conectividad funcional con regiones como el estriado, la corteza orbitofrontal y el cíngulo anterior (Frank et al., 2019). El aumento del hipocampo derecho, pese a no llegar a alcanzar la significación estadística, podría, por tanto, sustentar la mejoría experimentada por los participantes en la memoria de trabajo, además de en las principales habilidades atencionales, y el mantenimiento prolongado de la conducta motivada.

La vinculación tanto del tálamo como del hipocampo derecho al procesamiento atencional y a la conducta motivada se ha discutido de manera aislada. Sin embargo, la interrelación entre la motivación y la atención también debe tenerse en cuenta. Hallazgos previos muestran como estímulos con un significado motivacional atraen preferentemente la atención, incluyendo estímulos con valencia emocional positiva (A. K. Anderson, 2005; Most et al., 2007). Además, la motivación ha mostrado influir sobre el procesamiento perceptivo y cognitivo que sustenta el comportamiento, con un efecto específico sobre el criterio de respuesta y el tiempo de reacción (Danzl et al., 2012), y tiene un efecto específico sobre las tareas atencionales, mejorando la sensibilidad para detectar el estímulo en tareas de búsqueda visual (Engelmann et al., 2009). Los principales nodos de la red atencional fronto-parietal, como el cíngulo anterior, el surco intraparietal, el área premotora, el área motora suplementaria y estructuras subcorticales como el tálamo, el caudado y el putamen, también han demostrado estar implicados en el procesamiento de las recompensas (Engelmann et al., 2009). Estos hallazgos han sido respaldados por estudios de potenciales evocados cognitivos durante tareas de detección visual, que han reportado un aumento de la amplitud de los componentes tempranos P1 y N2, vinculados a la percepción del estímulo, cuando la precisión y la rapidez de la respuesta es recompensada (Hickey et al., 2010; Kiss et al., 2009).

La ausencia de efectos significativos en otras estructuras cerebrales como el núcleo accumbens, el globo pálido, el estriado y la amígdala, todas ellas vinculadas a la generación y el mantenimiento de la conducta motivada, podría deberse a varios factores. Primero, el limitado número de participantes en el estudio morfológico podría haber restringido la detección de más efectos y de mayor robustez en las estructuras cerebrales analizadas. En esta línea, se observó un incremento del volumen medio de todas las estructuras de interés tras la intervención competitiva, a excepción del globo pálido izquierdo y la amígdala izquierda, que permanecieron estables. Segundo, análogamente a los efectos neurofisiológicos detectados, la duración de la intervención podría ser insuficiente para causar cambios neuroanatómicos observables. Como se ha comentado previamente, los procesos de regeneración y reorganización cerebral son lentos y puede necesitar varios meses (Albert & Kesseler, 2012). Se ha sugerido un período mínimo de tres meses, el tiempo

requerido para que se produzca una diferenciación en células neuronales, para valorar los cambios estructurales secundarios a un entrenamiento específico (Draganski et al., 2006). Sin embargo, se han reportado cambios macroscópicos en la sustancia gris de la corteza auditiva tras la aplicación, durante cinco días consecutivos, de estimulación magnética transcraneal, los cuales, además, han sido corroborados por cambios neurofisiológicos (May et al., 2007). Pese a la controversia sobre el tiempo mínimo para detectar cambios neuroanatómicos y su duración, una intervención más prolongada, podría haber contribuido a evidenciar cambios significativos en las estructuras de interés.

Los cambios detectados en el volumen del tálamo, y la tendencia a la significación del efecto detectado en el hipocampo, confirman, al menos parcialmente, la hipótesis secundaria relacionada del presente trabajo, y podrían proporcionar la primera evidencia de los efectos neuroanatómicos de una intervención específica sobre las habilidades atencionales en participantes que han sufrido una lesión cerebrovascular.

4.7. Limitaciones

Los resultados del presente trabajo deben tenerse en cuenta considerando las limitaciones de los estudios. Pese a que la mayor parte de las cuales se han descrito previamente en esta sección, se proporciona un resumen de estas limitaciones a continuación.

Primero, la gran heterogeneidad de la localización y el volumen de las lesiones cerebrales de los participantes podría haber condicionado los efectos estadísticos detectados durante la intervención en todos los dominios analizados, tal y como reflejan las diferencias interindividuales de las exploraciones neurofisiológicas y neuroanatómicas (Anexo III.1 y 0). Estas diferencias, además, condicionaron el análisis neuroanatómico, pues no permitieron el análisis grupal debido a la imposibilidad de normalizar las alteraciones presentadas como consecuencia de la lesión.

Segundo, la duración de la intervención podría haber limitado la aparición de efectos plásticos en las estructuras investigadas. Una intervención más prolongada en el tiempo podría haber determinado si la reducción de la latencia del componente P3 y el aumento del volumen

observado en estructuras implicadas en el circuito motivacional resultaba significativo.

Tercero, el limitado número de participantes en la exploración neuroanatómica podría restringir la robustez estadística de los análisis y, por tanto, la extrapolación de los resultados. Como se comentó en la sección 2.2.2.5, los estudios de neuroimagen se realizaron en un centro externo al centro de reclutamiento, y la imposibilidad de un gran número de participantes para desplazarse al centro de radiodiagnóstico redujo notablemente el tamaño de la muestra, por lo que los datos obtenidos deben ser interpretados con precaución.

Cuarto, debido a la falta de un grupo de control en las exploraciones neurofisiológicas y neuroanatómicas, la interpretación de los hallazgos en estas pruebas se realizó tomando como referencia valores normativos publicados derivados de protocolos análogos al utilizado en el presente trabajo.

Finalmente, la ausencia de información sobre los tractos cerebrales, como la proporcionada por las técnicas de tractografía por resonancia magnética, podría limitar el análisis de los cambios morfológicos causados por la intervención.

Además de estas limitaciones, se han detectado otros aspectos que, si bien no forman parte de los objetivos del presente trabajo, limitan su alcance.

Primero, la ausencia de una valoración de seguimiento de las habilidades cognitivas, los potenciales evocados y la morfología impide determinar la durabilidad de los cambios detectados, y detectar posibles efectos tardíos derivados de la intervención.

Segundo, pese a que el protocolo de valoración incluyó instrumentos que permitieron investigar cambios en las habilidades cognitivas, no exploró los efectos de las intervenciones en la participación, la discapacidad y la independencia de los participantes.

Tercero, la falta de una exploración neurofisiológica y neuroanatómica de los efectos de la intervención no competitiva, impide

conocer el origen último de los cambios detectados. Por tanto, no es posible esclarecer si los cambios detectados en estas exploraciones se deben al efecto de la competición o a la intervención combinada mediante ejercicios convencionales y gamificados interactivos.

Finalmente, la falta de un estudio funcional de las áreas cerebrales implicadas en los procesos atencionales y la conducta motivada limita la interpretación de los cambios proporcionados por la intervención. Un estudio de resonancia magnética funcional podría haber complementado la información anatómica y podría proporcionar una visión más global de los cambios cerebrales acontecidos.

5. Conclusiones

Capítulo 5

Conclusiones

Los resultados de este trabajo sostienen que la adición de un paradigma competitivo a un programa de intervención sobre los déficits atencionales causados por un ictus, basado en la combinación de ejercicios convencionales y gamificados interactivos, permite aumentar los efectos de la intervención en la velocidad de procesamiento, la atención sostenida, la atención selectiva, la memoria de trabajo y la inhibición, y, además, la motivación experimentada por los participantes. Estos efectos resultaron no estar moderados por la competitividad de los participantes, lo que sugiere que la intervención investigada puede ser aplicable, incluso a aquellos individuos con menor preferencia por la competición, con comparables beneficios. La mejoría detectada en las habilidades cognitivas tras la intervención competitiva no estuvo sustentada por cambios neurofisiológicos. El análisis de los potenciales evocados mostró una estabilización de la amplitud y una reducción no significativa de la latencia del potencial P3 tras la intervención, lo cual podría evidenciar, no en vano, un uso más efectivo de los recursos atencionales disponibles. El estudio neuroanatómico de los efectos de la intervención competitiva, mostró un mantenimiento del volumen de sustancia gris y blanca, y evidenció un aumento del tálamo y un incremento no significativo del hipocampo derecho, estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento atencional y en la conducta motivada. Estos cambios podrían constituir la primera

evidencia de los efectos neuroanatómicos de una intervención específica sobre la atención, y supondrían el correlato morfológico de la mejoría conductual observada. Todos estos hallazgos apoyan la validez clínica de la intervención diseñada, la cual podría constituir una alternativa eficaz y motivante para el tratamiento de los déficits atencionales tras un ictus.

Bibliografía

Bibliografía

- Abercrombie, M. L. J. (1966). Perception and communication. *Education + Training*, 8(6), 264–269. <https://doi.org/10.1108/eb015727>
- Abuhamdeh, S., & Csikszentmihalyi, M. (2012). The Importance of Challenge for the Enjoyment of Intrinsically Motivated, Goal-Directed Activities. *Personality and Social Psychology Bulletin*. <https://doi.org/10.1177/0146167211427147>
- Al-Adawi, S., Powell, J. H., & Greenwood, R. J. (1998). Motivational deficits after brain injury: A neuropsychological approach using new assessment techniques. *Neuropsychology*, 12(1), 115–124. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.1.115>
- Alankus, G., Lazar, A., May, M., & Kelleher, C. (2010). Towards customizable games for stroke rehabilitation. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 3, 2113–2122. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753649>
- Alankus, G., Proffitt, R., Kelleher, C., & Engsborg, J. (2011). Stroke therapy through motion-Based games: A case study. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 4(1). <https://doi.org/10.1145/2039339.2039342>
- Albani, G., Pignatti, R., Bertella, L., Priano, L., Semenza, C., Molinari, E., Riva, G., & Mauro, A. (2002). Common daily activities in the virtual environment: A preliminary study in parkinsonian patients. *Neurological Sciences*, 23(SUPPL. 2). <https://doi.org/10.1007/s100720200064>

- Albert, S. J., & Kesselring, J. (2012). Neurorehabilitation of stroke. In *Journal of Neurology*. <https://doi.org/10.1007/s00415-011-6247-y>
- Alexander, G. E., Crutcher, M. D., & DeLong, M. R. (1991). Chapter 6 Basal ganglia-thalamocortical circuits: Parallel substrates for motor, oculomotor, “prefrontal” and “limbic” functions. *Progress in Brain Research*. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)62678-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)62678-3)
- Alexander, J. E., Polich, J., Bloom, F. E., Bauer, L. O., Kuperman, S., Rohrbaugh, J., Morzorati, S., O'Connor, S. J., Porjesz, B., & Begleiter, H. (1994). P300 from an auditory oddball task: inter-laboratory consistency. *International Journal of Psychophysiology*. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(94\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0167-8760(94)90053-1)
- Alexander, M. P., Stuss, D. T., Shallice, T., Picton, T. W., & Gillingham, S. (2005). Impaired concentration due to frontal lobe damage from two distinct lesion sites. *Neurology*. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000172912.07640.92>
- Allison, T., McCarthy, G., Nobre, A., Puce, A., & Belger, A. (1994). Human extrastriate visual cortex and the perception of faces, words, numbers, and colors. *Cerebral Cortex*. <https://doi.org/10.1093/cercor/4.5.544>
- Allport, D. A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: a disproof of the single channel hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(2), 225–235. <https://doi.org/10.1080/00335557243000102>
- Alonso-Prieto, E., Alvarez-González, M. A., Fernández-Concepción, O., Jiménez-Conde, A., & Machado, C. (2002). Usefulness of P300 as a tool for diagnosing alterations in sustained attention in ischemic cerebrovascular disease. *Revista de neurología*, 34(12), 1105–1109. <https://doi.org/10.33588/rn.3412.2002089>
- Anderson, A. K. (2005). Affective influences on the attentional dynamics supporting awareness. *Journal of Experimental Psychology: General*. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.2.258>
- Anderson, S. W., Damasio, A. R., & Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers: Domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain*. <https://doi.org/10.1093/brain/113.3.749>
- Arauz, A., & Ruíz, A. (2012). Enfermedad Vascular Cerebral. *Revista de La Facultad de Medicina de La UNAM*, 55(3), 11–21.
- Arthur, E. J., Hancock, P. A., & Chrysler, S. T. (1997). The perception of spatial layout in real and virtual worlds. *Ergonomics*, 40(1), 69–77. <https://doi.org/10.1080/001401397188387>
- Atkinson, J., Cofer, C., & Appley, M. (1967). An Introduction to Motivation. In *The American Journal of Psychology* (Vol. 80, Issue 2).

- <https://doi.org/10.2307/1421000>
- Baddeley, A. (1996). Working memory and executive control. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351(1346), 1397–1404. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0123>
- Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K., Green, P. S., Wilkinson, C. W., McTiernan, A., Plymate, S. R., Fishel, M. A., Watson, G. S., Cholerton, B. A., Duncan, G. E., Mehta, P. D., & Craft, S. (2010). Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: A controlled trial. *Archives of Neurology*, 67(1), 71–79. <https://doi.org/10.1001/archneurol.2009.307>
- Bandura, A., Barbaranelli, C., Caprara, G. V., & Pastorelli, C. (2001). Self-efficacy beliefs as shapers of children's aspirations and career trajectories. *Child Development*, 72(1), 187–206. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00273>
- Banken, J. A. (1985). Clinical utility of considering Digits Forward and Digits Backward as separate components of the wechsler adult intelligence Scale- Revised. *Journal of Clinical Psychology*. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(198509\)41:5<686::AID-JCLP2270410517>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1097-4679(198509)41:5<686::AID-JCLP2270410517>3.0.CO;2-D)
- Barcelo, F. (2004). Detection of change: event-related potential and fMRI findings. In *Clinical Neurophysiology* (Vol. 115, Issue 7). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.02.002>
- Barker-Collo, S. L., Feigin, V. L., Lawes, C. M. M., Parag, V., Senior, H., & Rodgers, A. (2009). Reducing attention deficits after stroke using attention process training: A randomized controlled trial. *Stroke*, 40(10), 3293–3298. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.558239>
- Barrash, J., Tranel, D., & Anderson, S. W. (2000). Acquired personality disturbances associated with bilateral damage to the ventromedial prefrontal region. *Developmental Neuropsychology*, 18(3), 355–381. <https://doi.org/10.1207/S1532694205Barrash>
- Barzel, A., Ketels, G., Stark, A., Tetzlaff, B., Daubmann, A., Wegscheider, K., van den Bussche, H., & Scherer, M. (2015). Home-based constraint-induced movement therapy for patients with upper limb dysfunction after stroke (HOMECIMT): A cluster-randomised, controlled trial. *The Lancet Neurology*, 14(9), 893–902. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(15\)00147-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(15)00147-7)
- Bauer, G. F., & Hämmig, O. (2014). Bridging occupational, organizational and public health: A transdisciplinary approach. In *Bridging Occupational, Organizational and Public Health: A Transdisciplinary Approach*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5640-3>
- Baur, K., Schättin, A., De Bruin, E. D., Riener, R., Duarte, J. E., & Wolf, P. (2018). Trends in robot-assisted and virtual reality-assisted

- neuromuscular therapy: A systematic review of health-related multiplayer games. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0449-9>
- Behrens, T. E. J., Johansen-Berg, H., Woolrich, M. W., Smith, S. M., Wheeler-Kingshott, C. A. M., Boulby, P. A., Barker, G. J., Sillery, E. L., Sheehan, K., Ciccarelli, O., Thompson, A. J., Brady, J. M., & Matthews, P. M. (2003). Non-invasive mapping of connections between human thalamus and cortex using diffusion imaging. *Nature Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nn1075>
- Ben-Yishay, Y., Diller, L., Gerstman, L., & Haas, A. (2012). The relationship between, impersistence, intellectual function and outcome of rehabilitation in patients with left hemiplegia. *Neurology*. <https://doi.org/10.1212/wnl.18.9.852>
- Ben-Yishay, Y., Piasetsky, E. B., & Rattock, J. (1987). A systematic method for ameliorating disorders in basic attention. In *Neuropsychological Rehabilitation* (pp. 165–181). Churchill Livingstone.
- Besche-Richard, C., & Perruchet, P. (2004). Psychologie cognitive. *EMC - Psychiatrie*, 1(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/s0246-1072\(01\)00063-3](https://doi.org/10.1016/s0246-1072(01)00063-3)
- Bichot, N. P., Cave, K. R., & Pashler, H. (1999). Visual selection mediated by location: Feature-based selection of noncontiguous locations. *Perception and Psychophysics*, 61(3), 403–423. <https://doi.org/10.3758/BF03211962>
- Blanc-Garin, J. (1994). Patterns of Recovery from Hemiplegia Following Stroke. *Neuropsychological Rehabilitation*, 4(4), 359–385. <https://doi.org/10.1080/09602019408401606>
- Blankevoort, C. G., van Heuvelen, M. J. G., Boersma, F., Luning, H., de Jong, J., & Scherder, E. J. A. (2010). Review of effects of physical activity on strength, balance, mobility and ADL performance in elderly subjects with dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 30(5), 392–402. <https://doi.org/10.1159/000321357>
- Bledowski, C., Prvulovic, D., Goebel, R., Zanella, F. E., & Linden, D. E. J. (2004). Attentional systems in target and distractor processing: A combined ERP and fMRI study. *NeuroImage*, 22(2), 530–540. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.12.034>
- Bo, W., Lei, M., Tao, S., Jie, L. T., Qian, L., Lin, F. Q., & Ping, W. X. (2019). Effects of combined intervention of physical exercise and cognitive training on cognitive function in stroke survivors with vascular cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 33(1), 54–63. <https://doi.org/10.1177/0269215518791007>
- Bolin, J. H. (2014). Hayes, Andrew F. (2013). Introduction to Mediation,

- Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. New York, NY: The Guilford Press. *Journal of Educational Measurement*. <https://doi.org/10.1111/jedem.12050>
- Bonita, R. (1992). STROKE OCTET Epidemiology of stroke. *The Lancet*, 339, 342–344. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)90086-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)90086-1)
- Bornstein, G., Gneezy, U., & Nagel, R. (2002). The effect of intergroup competition on group coordination: An experimental study. *Games and Economic Behavior*, 41(1), 1–25. [https://doi.org/10.1016/S0899-8256\(02\)00012-X](https://doi.org/10.1016/S0899-8256(02)00012-X)
- Bottino, A., Consoli, G. M. L., Cunsolo, F., Geraci, C., Tedesco, C., Antinucci, S., & Neri, P. (2002). X-ray structure of an inclusion compound of 5,5' -biscalix[4]arene-hexabenzoate with toluene. In *Journal of Inclusion Phenomena* (Vol. 42, Issues 3–4, pp. 323–326). <https://doi.org/10.1023/A:1016042402828>
- Brickenkamp, R. (2002). *The d2 Test of attention*. Hogrefe & Huber Publishers.
- Brodthmann, A., Pardoe, H., Li, Q., Lichter, R., Ostergaard, L., & Cumming, T. (2012). Changes in regional brain volume three months after stroke. *Journal of the Neurological Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2012.07.019>
- Bryanton, C., Bossé, J., Brien, M., McLean, J., McCormick, A., & Sveistrup, H. (2006). Feasibility, motivation, and selective motor control: Virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy. *Cyberpsychology and Behavior*, 9(2), 123–128. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9.123>
- Burdea, G. C. (2003). Virtual rehabilitation--benefits and challenges. *Methods of Information in Medicine*, 42(5), 519–523. <https://doi.org/10.1267/METH03050519>
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. In *Neuron*. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00830-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00830-9)
- Burton, L., Pfaff, D., Bolt, N., Hadjikyriacou, D., Siltou, N., Kilgallen, C., Cofer, J., & Allimant, J. (2010). Effects of gender and personality on the Conners Continuous Performance Test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(1), 66–70. <https://doi.org/10.1080/13803390902806568>
- Bushnik, T., Hanks, R. A., Kreutzer, J., & Rosenthal, M. (2003). Etiology of traumatic brain injury: Characterization of differential outcomes up to 1 year postinjury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(2), 255–262. <https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50092>
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Neural bases of learning and memory: functional neuroimaging evidence. *Current Opinion in Neurology*, 13(4), 415–421. <https://doi.org/10.1097/00019052-200008000-00008>

- Callejas, A., Lupiáñez, J., Funes, M. J., & Tudela, P. (2005). Modulations among the alerting, orienting and executive control networks. *Experimental Brain Research*, 167(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2365-z>
- Cameirão, Mónica S., Badia, S. B. I., Oller, E. D., & Verschure, P. F. M. J. (2010). Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System: Methodology, design, psychometrics, usability and validation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-48>
- Cameirão, Mónica S., Smailagic, A., Miao, G., & Siewiorek, D. P. (2016). Coaching or gaming? Implications of strategy choice for home based stroke rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0127-8>
- Campbell, J., Langdon, D., Cercignani, M., & Rashid, W. (2016). A Randomised controlled trial of efficacy of cognitive rehabilitation in multiple sclerosis: A cognitive, behavioural, and MRI study. *Neural Plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4292585>
- Canella, C., Demondion, X., Guillin, R., Boutry, N., Peltier, J., & Cotten, A. (2009). Anatomic study of the superficial peroneal nerve using sonography. In *American Journal of Roentgenology* (Vol. 193, Issue 1, pp. 174–179). <https://doi.org/10.2214/AJR.08.1898>
- Cao, X., Yao, Y., Li, T., Cheng, Y., Feng, W., Shen, Y., Li, Q., Jiang, L., Wu, W., Wang, J., Sheng, J., Feng, J., & Li, C. (2016). The Impact of Cognitive Training on Cerebral White Matter in Community-Dwelling Elderly: One-Year Prospective Longitudinal Diffusion Tensor Imaging Study. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/srep33212>
- Carey, J. R., Kimberley, T. J., Lewis, S. M., Auerbach, E. J., Dorsey, L., Rundquist, P., & Ugurbil, K. (2002). Analysis of fMRI and finger tracking training in subjects with chronic stroke. *Brain*: A Journal of Neurology, 125(Pt 4), 773–788. <https://doi.org/10.1093/brain/awf091>
- Carretié-Arangüena L, I.-D. J. (1997). *Psicofisiología: Fundamentos metodológicos*. Pirámide.
- Cerezo, J., & Cerezo, P. (2017). *El impacto del ictus en Europa*. Evoca.
- Chen, H. C., Koh, C. L., Hsieh, C. L., & Hsueh, I. P. (2009). Test-re-test reliability of two sustained attention tests in persons with chronic stroke. *Brain Injury*. <https://doi.org/10.1080/02699050903013602>
- Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25(5), 975–979. <https://doi.org/10.1121/1.1907229>
- Chica, A. B., Thiebaut de Schotten, M., Toba, M., Malhotra, P., Lupiáñez,

- J., & Bartolomeo, P. (2012). Attention networks and their interactions after right-hemisphere damage. *Cortex*, *48*(6), 654–663. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.01.009>
- Cho, H.-Y., Kim, K.-T., & Jung, J.-H. (2015). Effects of computer assisted cognitive rehabilitation on brain wave, memory and attention of stroke patients: a randomized control trial. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(4), 1029–1032. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1029>
- Christiansen, C., Abreu, B., Ottenbacher, K., Huffman, K., Masel, B., & Culpepper, R. (1998). Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *79*(8), 888–892. [https://doi.org/Doi.10.1016/S0003-9993\(98\)90083-1](https://doi.org/Doi.10.1016/S0003-9993(98)90083-1)
- Cicerone, K. D. (2005). Evidence-based practice and the limits of rational rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *86*(6), 1073–1074. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.01.003>
- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Malec, J. F., Langenbahn, D. M., Felicetti, T., Kneipp, S., Ellmo, W., Kalmar, K., Giacino, J. T., Harley, J. P., Laatsch, L., Morse, P. A., & Catanese, J. (2005). Evidence-based cognitive rehabilitation: Updated review of the literature from 1998 through 2002. In *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (Vol. 86, Issue 8, pp. 1681–1692). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.03.024>
- Cicerone, K. D., Langenbahn, D. M., Braden, C., Malec, J. F., Kalmar, K., Fraas, M., Felicetti, T., Laatsch, L., Harley, J. P., Bergquist, T., Azulay, J., Cantor, J., & Ashman, T. (2011). Evidence-based cognitive rehabilitation: Updated review of the literature from 2003 through 2008. In *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (Vol. 92, Issue 4, pp. 519–530). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.11.015>
- Cicerone, K. D., Mott, T., Azulay, J., Sharlow-Galella, M. A., Ellmo, W. J., Paradise, S., & Friel, J. C. (2008). A Randomized Controlled Trial of Holistic Neuropsychologic Rehabilitation After Traumatic Brain Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *89*(12), 2239–2249. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.06.017>
- Clark, V. P., Fan, S., & Hillyard, S. A. (1994). Identification of early visual evoked potential generators by retinotopic and topographic analyses. *Human Brain Mapping*, *2*(3), 170–187. <https://doi.org/10.1002/hbm.460020306>
- Colom, R., Martínez, K., Burgaleta, M., Román, F. J., García-García, D., Gunter, J. L., Hua, X., Jaeggi, S. M., & Thompson, P. M. (2016). Gray matter volumetric changes with a challenging adaptive cognitive training program based on the dual n-back task. *Personality and Individual Differences*. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.03.087>

- Colombo, R., Pisano, F., Mazzone, A., Delconte, C., Micera, S., Carrozza, M. C., Dario, P., & Minuco, G. (2007). Design strategies to improve patient motivation during robot-aided rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-4-3>
- Colomer, C., Llorens, R., Noé, E., & Alcañiz, M. (2016). Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0153-6>
- Combaz, A., Chatelle, C., Robben, A., Vanhoof, G., Goeleven, A., Thijs, V., Van Hulle, M. M., & Laureys, S. (2013). A Comparison of Two Spelling Brain-Computer Interfaces Based on Visual P3 and SSVEP in Locked-In Syndrome. *PLoS ONE*, 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073691>
- Conners, K. K., Epstein, J. N., Angold, A., & Klaric, J. (2003). Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. *Journal of Abnormal Child Psychology*. <https://doi.org/10.1023/A:1025457300409>
- Cooke, A., Kavussanu, M., McIntyre, D., & Ring, C. (2013). The effects of individual and team competitions on performance, emotions, and effort. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 35(2), 132–143. <https://doi.org/10.1123/jsep.35.2.132>
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *The Journal of Neuroscience*: The Official Journal of the Society for Neuroscience, 13(3), 1202–1226.
- Corbetta, Maurizio, & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201–215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Corbit, L. H., & Balleine, B. W. (2005). Double dissociation of basolateral and central amygdala lesions on the general and outcome-specific forms of pavlovian-instrumental transfer. *Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4507-04.2005>
- Coull, J. T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: Insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology*, 55(4), 343–361. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(98\)00011-2](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(98)00011-2)
- Coull, J. T., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J., & Grasby, P. M. (1996). A fronto-parietal network for rapid visual information processing: a PET study of sustained attention and working memory. *Neuropsychologia*, 34(11), 1085–1095. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(96\)00029-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(96)00029-2)
- Csikszentmihalyi, M., & Rathunde, K. (1992). The measurement of flow

- in everyday life: toward a theory of emergent motivation. In *Nebraska Symposium on Motivation. Nebraska Symposium on Motivation* (Vol. 40, pp. 57–97).
- Csikszentmihalyi, Mihaly. (2014a). Play and intrinsic rewards. In *Flow and the Foundations of Positive Psychology: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi* (pp. 135–153). https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_10
- Csikszentmihalyi, Mihaly. (2014b). Toward a psychology of optimal experience. In *Flow and the Foundations of Positive Psychology: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi* (pp. 209–226). https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_14
- Dai, D. Y., & Sternberg, R. J. (2004). Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual development and functioning. In *Motivation, Emotion, and Cognition: Integrative Perspectives on Intellectual Functioning and Development*. <https://doi.org/10.4324/9781410610515>
- Danziger, S., Ward, R., Owen, V., & Rafal, R. (2004). Contributions of the human pulvinar to linking vision and action. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(1), 89–99. <https://doi.org/10.3758/CABN.4.1.89>
- Danzl, M. M., Etter, N. M., Andreatta, R. O., & Kitzman, P. H. (2012). Facilitating neurorehabilitation through principles of engagement. In *Journal of Allied Health*.
- das Nair, R., Cogger, H., Worthington, E., & Lincoln, N. B. (2016). Cognitive rehabilitation for memory deficits after stroke. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2016, Issue 9). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002293.pub3>
- De Bourbon-Teles, J., Bentley, P., Koshino, S., Shah, K., Dutta, A., Malhotra, P., Egner, T., Husain, M., & Soto, D. (2014). Thalamic control of human attention driven by memory and learning. *Current Biology*, 24(9), 993–999. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.024>
- De Luca, R., Leonardi, S., Spadaro, L., Russo, M., Aragona, B., Torrisi, M., Maggio, M. G., Bramanti, A., Naro, A., De Cola, M. C., & Calabrò, R. S. (2018). Improving Cognitive Function in Patients with Stroke: Can Computerized Training Be the Future? *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 27(4), 1055–1060. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.11.008>
- Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective. *Journal of Personality*, 62(1), 119–142. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1994.tb00797.x>
- Dee, H. L., & Van Allen, M. W. (1973). Speed of Decision-Making Processes in Patients with Unilateral Cerebral Disease. *Archives of*

- Neurology*, 28(3), 163–166.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1973.00490210043004>
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70(1), 51–60.
<https://doi.org/10.1037/h0042712>
- Di Russo, F., Martínez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S., & Hillyard, S. A. (2002). Cortical sources of the early components of the visual evoked potential. *Human Brain Mapping*, 15(2), 95–111.
<https://doi.org/10.1002/hbm.10010>
- Diao, Q., Liu, J., Wang, C., Cao, C., Guo, J., Han, T., Cheng, J., Zhang, X., & Yu, C. (2017). Gray matter volume changes in chronic subcortical stroke: A cross-sectional study. *NeuroImage: Clinical*.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.01.031>
- Díaz-Guzmán, J., Egido, J. A., Gabriel-Sánchez, R., Barberá-Comes, G., Fuentes-Gimeno, B., & Fernández-Pérez, C. (2012). Stroke and transient ischemic attack incidence rate in Spain: The IBERICTUS study. *Cerebrovascular Diseases*, 34(4), 272–281.
<https://doi.org/10.1159/000342652>
- Diéguez, O., & Añiguez, J. (2011). First-principles investigation of morphotropic transitions and phase-change functional responses in BiFeO₃-BiCoO₃ multiferroic solid solutions. In *Physical Review Letters* (Vol. 107, Issue 5).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.107.057601>
- Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11(3), 357–374. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00058027>
- Donolato, E., Giofrè, D., & Mammarella, I. C. (2017). Differences in verbal and visuospatial forward and backward order recall: A review of the literature. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 8).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00663>
- Draganski, B., Gaser, C., Kempermann, G., Kuhn, H. G., Winkler, J., Büchel, C., & May, A. (2006). Temporal and spatial dynamics of brain structure changes during extensive learning. *The Journal of Neuroscience*: *The Official Journal of the Society for Neuroscience*.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4628-05.2006>
- Duff, M., Chen, Y., Attygalle, S., Herman, J., Sundaram, H., Qian, G., He, J., & Rikakis, T. (2010). An adaptive mixed reality training system for stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 18(5), 531–541.
<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2010.2055061>
- Dux, P. E., & Rentmarois. (2009). The attentional blink: A review of data and theory. In *Attention, Perception, and Psychophysics*.

- <https://doi.org/10.3758/APP.71.8.1683>
- Ede, A., Forlenza, S. T., & Feltz, D. L. (2015). Buddy up for exergames: How group dynamics principles can be applied to active health games. In *Handbook of Research on Holistic Perspectives in Gamification for Clinical Practice* (pp. 222–244). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9522-1.ch011>
- Edmans, J., Gladman, J., Hilton, D., Walker, M., Sunderland, A., Cobb, S., Pridmore, T., & Thomas, S. (2009). Clinical evaluation of a non-immersive virtual environment in stroke rehabilitation. *Clinical Rehabilitation*, 23(2), 106–116. <https://doi.org/10.1177/0269215508095875>
- Egeth, H., & Kahneman, D. (1975). Attention and Effort. *The American Journal of Psychology*, 88(2), 339. <https://doi.org/10.2307/1421603>
- Engelmann, J. B., Damaraju, E., Padmala, S., & Pessoa, L. (2009). Combined effects of attention and motivation on visual task performance: Transient and sustained motivational effects. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/neuro.09.004.2009>
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40(4), 225–240. <https://doi.org/10.3758/BF03211502>
- Estevez-Gonzalez, A., Garcia-Sanchez, C., & Junque, C. (1997). La atención: Una compleja función cerebral. *Revista de Neurología*, 25(148), 1989–1997.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: A tutorial. *Biological Psychology*. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00031-9](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00031-9)
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., & Posner, M. I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain and Cognition*, 70(2), 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.002>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *NeuroImage*, 26(2), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.02.004>
- Faria, A. L., Andrade, A., Soares, L., & I Badia, S. B. (2016). Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0204-z>
- Feltz, D. L., Forlenza, S. T., Winn, B., & Kerr, N. L. (2014). Cyber Buddy

- is Better than No Buddy: A Test of the Köhler Motivation Effect in Exergames. *Games for Health Journal*, 3(2), 98–105. <https://doi.org/10.1089/g4h.2013.0088>
- Fennell, E., Mennemeier, M., Valenstein, E., & Heilman, K. M. (1992). Contributions of the Left Intralaminar and Medial Thalamic Nuclei to Memory: Comparisons and Report of a Case. *Archives of Neurology*. <https://doi.org/10.1001/archneur.1992.00530340070020>
- Fenske, M. J., & Raymond, J. E. (2006). Affective influences of selective attention. In *Current Directions in Psychological Science* (Vol. 15, Issue 6, pp. 312–316). <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00459.x>
- Fernández, E., Bringas, M. L., Salazar, S., Rodríguez, D., García, M. E., & Torres, M. (2012). Clinical impact of RehaCom software for cognitive rehabilitation of patients with acquired brain injury. In *MEDICC Review*. <https://doi.org/10.1590/S1555-79602012000400007>
- Finset, A., & Andersson, S. (2000). Coping strategies in patients with acquired brain injury: Relationships between coping, apathy, depression and lesion location. *Brain Injury*, 14(June), 887–905. <https://doi.org/10.1080/026990500445718>
- Flores, E., Tobon, G., Cavallaro, E., Cavallaro, F. I., Perry, J. C., & Keller, T. (2008). Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE 2008*, 381–384. <https://doi.org/10.1145/1501750.1501839>
- Floresco, S. B., Seamans, J. K., & Phillips, A. G. (1997). Selective roles for hippocampal, prefrontal cortical, and ventral striatal circuits in radial-arm maze tasks with or without a delay. *Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.17-05-01880.1997>
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Wright, J. H. (1994). The Structure of Attentional Control. In *Attention and Performance VIII* (Issue April).
- Folstein, M. F., Robins, L. N., & Helzer, J. E. (1983). The Mini-Mental State Examination. In *Archives of General Psychiatry*. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1983.01790060110016>
- Forstmeier, S., & Maercker, A. (2007). P-160: Motivational reserve: A new concept complementing cognitive reserve. *Alzheimer's & Dementia*, 3(3S_Part_2), S149–S150. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2007.04.123>
- Frank, L. E., Preston, A. R., & Zeithamova, D. (2019). Functional connectivity between memory and reward centers across task and rest track memory sensitivity to reward. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00700-8>

- Fratiglioni, L., & Wang, H. X. (2007). Brain reserve hypothesis in dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, 12(1), 11–22. <https://doi.org/10.3233/JAD-2007-12103>
- Friedrich, F. J., Egly, R., Rafal, R. D., & Beck, D. (1998). Spatial attention deficits in humans: A comparison of superior parietal and temporal-parietal junction lesions. *Neuropsychology*, 12(2), 193–207. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.2.193>
- Friedrich, M., Gittler, G., Halberstadt, Y., Cermak, T., & Heiller, I. (1998). Combined exercise and motivation program: Effect on the compliance and level of disability of patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(5), 475–487. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(98\)90059-4](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(98)90059-4)
- Fritz, S., Peters, D., Merlo, A., & Donley, J. (2013). Active video-gaming effects on balance and mobility in individuals with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 20(3), 218–225. <https://doi.org/10.1310/tsr2003-218>
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex - An update: Time is of the essence. In *Neuron* (Vol. 30, Issue 2, pp. 319–333). [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(01\)00285-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(01)00285-9)
- Gajadhar, B. J., De Kort, Y. A. W., & Ijsselstein, W. A. (2008). Shared fun is doubled fun: Player enjoyment as a function of social setting. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5294 LNCS, 106–117. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88322-7-11>
- Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Morais, D., Lopes, P., Pacheco, J., Brito, R., Soares, F., Santos, N., & Barata, A. F. (2017). Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disability and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.934925>
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441–467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Gerritsen, M. J. J., Berg, I. J., Deelman, B. G., Visser-Keizer, A. C., & Meyboom-De Jong, B. (2003). Speed of information processing after unilateral stroke. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(1), 1–13. <https://doi.org/10.1076/jcen.25.1.1.13622>
- Giap, B. T., Jong, C. N., Ricker, J. H., Cullen, N. K., & Zafonte, R. D. (2000). The hippocampus: Anatomy, pathophysiology, and regenerative capacity. In *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1097/00001199-200006000-00003>
- Gillebert, C. R., Caspari, N., Wagemans, J., Peeters, R., Dupont, P., & Vandenberghe, R. (2013). Spatial stimulus configuration and

- attentional selection: extrastriate and superior parietal interactions. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.)*: 1991, 23(12), 2840–2854. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs263>
- Girard, D., Brown, J., Burnett-Stolnack, M., Hashimoto, N., Hier-Wellmer, S., Perlman, O. Z., & Seigerman, C. (1996). The relationship of neuropsychological status and productive outcomes following traumatic brain injury. *Brain Injury*, 10(9), 663–676. <https://doi.org/10.1080/026990596124089>
- Godefroy, O., & Rousseaux, M. (1996). Divided and focused attention in patients with lesion of the prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, 30(2), 155–174. <https://doi.org/10.1006/brcg.1996.0010>
- Gontkovsky, S. T., McDonald, N. B., Clark, P. G., & Ruwe, W. D. (2002). Current directions in computer-assisted cognitive rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 195–199.
- Gonzalez, C. M. G., Clark, V. P., Fan, S., Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, 7(1), 41–51. <https://doi.org/10.1007/BF01184836>
- Goršič, M., Cikajlo, I., & Novak, D. (2017). Competitive and cooperative arm rehabilitation games played by a patient and unimpaired person: effects on motivation and exercise intensity. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0231-4>
- Goršič, M., Hlucny, S. D., & Novak, D. (2020). Effects of Different Opponent Types on Motivation and Exercise Intensity in a Competitive Arm Exercise Game. *Games for Health Journal*, 9(1), 31–36. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0028>
- Gosseries, O., Bruno, M. A., Chatelle, C., Vanhaudenhuyse, A., Schnakers, C., Soddu, A., & Laureys, S. (2011). Disorders of consciousness: What's in a name? *NeuroRehabilitation*, 28(1), 3–14. <https://doi.org/10.3233/NRE-2011-0625>
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55(4), 468–484. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(83\)90135-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(83)90135-9)
- Gu, B. M., Park, J. Y., Kang, D. H., Lee, S. J., Yoo, S. Y., Jo, H. J., Choi, C. H., Lee, J. M., & Kwon, J. S. (2008). Neural correlates of cognitive inflexibility during task-switching in obsessive-compulsive disorder. *Brain*, 131(1), 155–164. <https://doi.org/10.1093/brain/awm277>
- Guía ESC/ESH 2018 sobre el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial. (2019). *Revista Espanola de Cardiología*, 72(2), 160.e1-160.e78. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2018.12.005>
- Haber, S. N. (2016). Corticostriatal circuitry. *Dialogues in Clinical*

- Neuroscience*. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6434-1_135-1
- Hagen, G. F., Gatherwright, J. R., Lopez, B. A., & Polich, J. (2006). P3a from visual stimuli: Task difficulty effects. *International Journal of Psychophysiology*, 59(1), 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.08.003>
- Harackiewicz, J. M., & Sansone, C. (1991). Goals and Intrinsic Motivation: You Can Get There From Here. *Advances in Motivation and Achievement*.
- Heilman, K. M., & Valenstein, E. (1978). Mechanisms Underlying Hemispatial Neglect. *Annals of Neurology*, 5(2), 166–170. <https://doi.org/10.1002/ana.410050210>
- Heilman, K. M., & Van Den Abell, T. (1980). Right hemisphere dominance for attention: The mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect). *Neurology*, 30(3), 327–330. <https://doi.org/10.1212/wnl.30.3.327>
- Heimer, L. (2003). A new anatomical framework for neuropsychiatric disorders and drug abuse. In *American Journal of Psychiatry* (Vol. 160, Issue 10, pp. 1726–1739). <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.160.10.1726>
- Heitz, R. P., & Engle, R. W. (2007). Focusing the spotlight: Individual differences in visual attention control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(2), 217–240. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.2.217>
- Henderson, J. M., & Macquistan, A. D. (1993). The spatial distribution of attention following an exogenous cue. *Perception & Psychophysics*, 53(2), 221–230. <https://doi.org/10.3758/BF03211732>
- Herrington, T. M., & Assad, J. A. (2009). Neural activity in the middle temporal area and lateral intraparietal area during endogenously cued shifts of attention. *Journal of Neuroscience*, 29(45), 14160–14176. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1916-09.2009>
- Herrmann, C. S., & Knight, R. T. (2001). Mechanisms of human attention: Event-related potentials and oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25(6), 465–476. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00027-6)
- Heyn, P. C., Johnson, K. E., & Kramer, A. F. (2008). Endurance and strength training outcomes on cognitively impaired and cognitively intact older adults: A meta-analysis. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 12(6), 401–409. <https://doi.org/10.1007/BF02982674>
- Hickey, C., Chelazzi, L., & Theeuwes, J. (2010). Reward changes salience in human vision via the anterior cingulate. *Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1026-10.2010>
- Hickman, S. E., Howieson, D. B., Dame, A., Sexton, G., & Kaye, J. (2000). Longitudinal analysis of the effects of the aging process on

- neuropsychological test performance in the healthy young-old and oldest-old. *Developmental Neuropsychology*, 17(3), 323–337. https://doi.org/10.1207/S15326942DN1703_3
- Hillyard, S. A., & Münte, T. F. (1984). Selective attention to color and location: An analysis with event-related brain potentials. *Perception & Psychophysics*, 36(2), 185–198. <https://doi.org/10.3758/BF03202679>
- Himmelbach, M., Erb, M., & Karnath, H. O. (2006). Exploring the visual world: The neural substrate of spatial orienting. *NeuroImage*, 32(4), 1747–1759. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.04.221>
- Hine, J., & Debener, S. (2007). Late auditory evoked potentials asymmetry revisited. *Clinical Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.03.012>
- Hommel, M., Miguel, S. T., Naegel, B., Gonnet, N., & Jaillard, A. (2009). Cognitive determinants of social functioning after a first ever mild to moderate stroke at vocational age. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2008.169672>
- Hope, D. A. (1989). Nebraska Symposium on Motivation, 1989. In *Nebraska Symposium on Motivation. Nebraska Symposium on Motivation* (Vol. 37). <https://doi.org/10.2307/2093748>
- Horiguchi, T., Ohta, K., & Nishikawa, T. (2003). An MEG study of P300 activity during a color discrimination task 2: Source localization study. *Brain and Development*, 25(4), 241–244. [https://doi.org/10.1016/S0387-7604\(02\)00218-8](https://doi.org/10.1016/S0387-7604(02)00218-8)
- Houston, J. M., Harris, P., McIntire, S., & Francis, D. (2002). Revising the competitiveness index using factor analysis. *Psychological Reports*. <https://doi.org/10.2466/pr0.2002.90.1.31>
- Huang, W. J., Chen, W. W., & Zhang, X. (2015). The neurophysiology of P 300 - An integrated review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*.
- Hyndman, D., Pickering, R. M., & Ashburn, A. (2008). The influence of attention deficits on functional recovery post stroke during the first 12 months after discharge from hospital. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 79(6), 656–663. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.125609>
- Ingles, J. L., & Eskes, G. A. (2008). A comparison of letter and digit processing in letter-by-letter reading. *Journal of the International Neuropsychological Society*. <https://doi.org/10.1017/S1355617708080119>
- Instituto Nacional de Estadística. (2008). Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD). Año 2008. *Instituto Nacional de Estadística*, 1–12. http://cantabria.fspugt.es/uploads/documentos/documentos_Co

- municado_INE_15-feb-2008__1_809cbef7.pdf
- Irwin, B. C., Feltz, D. L., & Kerr, N. L. (2013). Silence is golden: Effect of encouragement in motivating the weak link in an online exercise video game. *Journal of Medical Internet Research*, 15(6). <https://doi.org/10.2196/jmir.2551>
- Ito, R., Robbins, T. W., Pennartz, C. M., & Everitt, B. J. (2008). Functional interaction between the hippocampus and nucleus accumbens shell is necessary for the acquisition of appetitive spatial context conditioning. *Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1615-08.2008>
- Jack, D., Boian, R., Merians, A. S., Tremaine, M., Burdea, G. C., Adamovich, S. V., Recce, M., & Poizner, H. (2001). Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 9(3), 308–318. <https://doi.org/10.1109/7333.948460>
- Jauch, E. C., Saver, J. L., Adams, H. P., Bruno, A., Connors, J. J. B., Demaerschalk, B. M., Khatri, P., McMullan, P. W., Qureshi, A. I., Rosenfield, K., Scott, P. A., Summers, D. R., Wang, D. Z., Wintermark, M., & Yonas, H. (2013). 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*, 44(3), 870–947. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e318284056a>
- Jenkinson, M., Beckmann, C. F., Behrens, T. E. J., Woolrich, M. W., & Smith, S. M. (2012). FSL - Review. *NeuroImage*.
- John Camm, A., Kirchhof, P., Lip, G. Y. H., Schotten, U., Savelieva, I., Ernst, S., Van Gelder, I. C., Al-Attar, N., Hindricks, G., Prendergast, B., Heidbuchel, H., Alfieri, O., Angelini, A., Atar, D., Colonna, P., De Caterina, R., De Sutter, J., Goette, A., Gorenek, B., ... Rutten, F. H. (2010). Guías de práctica clínica para el manejo de la fibrilación auricular. *Revista Española de Cardiología*, 63(12), 1483. [https://doi.org/10.1016/s0300-8932\(10\)70275-x](https://doi.org/10.1016/s0300-8932(10)70275-x)
- Johnson, M. J., Xin, F., Johnson, L. M., Ramachandran, B., Winters, J. M., & Kosasih, J. B. (2006). Robotic systems that rehabilitate as well as motivate: Three strategies for motivating impaired arm use. *Proceedings of the First IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, 2006, BioRob 2006, 2006*, 254–259. <https://doi.org/10.1109/BIOROB.2006.1639095>
- Karoly, P. (1993). Mechanisms of self-regulation: A systems view. *Annual Review of Psychology*, 44(JANUARY 1993), 23–52. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.44.1.23>
- Kehr, H. M. (2004). Integrating implicit motives, explicit motives, and perceived abilities: The compensatory model of work motivation

- and volition. *Academy of Management Review*, 29(3), 479–499. <https://doi.org/10.5465/AMR.2004.13670963>
- Kim, B. R., Chun, M. H., Kim, L. S., & Park, J. Y. (2011). Effect of Virtual Reality on Cognition in Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 35(4), 450. <https://doi.org/10.5535/arm.2011.35.4.450>
- Kinchla, R. A., Solis-Macias, V., & Hoffman, J. (1983). Attending to different levels of structure in a visual image. *Perception & Psychophysics*, 33(1), 1–10. <https://doi.org/10.3758/BF03205860>
- Kirino, E., Belger, A., Goldman-Rakic, P., & McCarthy, G. (2000). Prefrontal activation evoked by infrequent target and novel stimuli in a visual target detection task: An event-related functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.20-17-06612.2000>
- Kiss, M., Driver, J., & Eimer, M. (2009). Reward priority of visual target singletons modulates event-related potential signatures of attentional selection. *Psychological Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02281.x>
- Knight, R. T. (1997). Distributed cortical network for visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(1), 75–91. <https://doi.org/10.1162/jocn.1997.9.1.75>
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*. <https://doi.org/10.1017/S0048577201990559>
- Konno, T., Ito, T., Takai, M., & Ishihara, K. (2006). Enzymatic photochemical sensing using luciferase-immobilized polymer nanoparticles covered with artificial cell membrane. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 17(12), 1347–1357. <https://doi.org/10.1163/156856206778937235>
- Kopp, B., Rösser, N., Tabeling, S., Stürenburg, H. J., De Haan, B., Karnath, H. O., & Wessel, K. (2015). Errors on the trail making test are associated with right hemispheric frontal lobe damage in stroke patients. *Behavioural Neurology*, 2015(309235). <https://doi.org/10.1155/2015/309235>
- Kramer, A. F., & Hahn, S. (1995). Splitting the beam: Distribution of Attention Over Noncontiguous Regions of the Visual Field. *Psychological Science*, 6(6), 381–386. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1995.tb00530.x>
- Kratz, O., Studer, P., Malcherek, S., Erbe, K., Moll, G. H., & Heinrich, H. (2011). Attentional processes in children with ADHD: An event-related potential study using the attention network test. *International Journal of Psychophysiology*, 81(2), 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.05.008>

- Ku, J., Lee, J. H., Han, K., Kim, S. I., Kang, Y. J., & Park, E. S. (2016). Validity and reliability of cognitive assessment using virtual environment technology in patients with stroke. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(9), 702–710. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181aa427d>
- Kuhl, J. (2000). The volitional basis of personality systems interaction theory: Applications in learning and treatment contexts. In *International Journal of Educational Research* (Vol. 33, Issues 7–8, pp. 665–703). [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(00\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(00)00045-8)
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: The p300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197(4305), 792–795. <https://doi.org/10.1126/science.887923>
- Kwa, V. I. H., Limburg, M., & De Haan, R. J. (1996). The role of cognitive impairment in the quality of life after ischaemic stroke. *Journal of Neurology*, 243(8), 599–604. <https://doi.org/10.1007/BF00900948>
- Kwakkel, G. (2006). Impact of intensity of practice after stroke: Issues for consideration. *Disability and Rehabilitation*, 28(13–14), 823–830. <https://doi.org/10.1080/09638280500534861>
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9(3), 371–379. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.9.3.371>
- LaBerge, D. (2002). Attentional control: Brief and prolonged. *Psychological Research*, 66(4), 220–233. <https://doi.org/10.1007/s00426-002-0097-2>
- Laberge, D., & Buchsbaum, M. S. (1990). Positron Emission Tomographic Measurements of Pulvinar Activity During an Attention Task. *The Journal of Neuroscience*, 2, 613–619.
- Lam, L. C. W., Chan, W. C., Leung, T., Fung, A. W. T., & Leung, E. M. F. (2015). Would older adults with mild cognitive impairment adhere to and benefit from a structured lifestyle activity intervention to enhance cognition?: A cluster randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118173>
- Lane, D. L. (1982). Limited capacity, attention allocation, and productivity. In W.C. Howell and E.A. Fleishman (Ed.), *Information Processing and Decision Making*.
- Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. In *The Lancet* (Vol. 377, Issue 9778, pp. 1693–1702). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
- Langhorne, P., Coupar, F., & Pollock, A. (2009). Motor recovery after stroke: a systematic review. In *The Lancet Neurology* (Vol. 8, Issue 8, pp. 741–754). [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70150-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70150-4)
- Laureys, S., Celesia, G. G., Cohadon, F., Lavrijsen, J., León-Carrión, J.,

- Sannita, W. G., Sazbon, L., Schmutzhard, E., von Wild, K. R., Zeman, A., & Dolce, G. (2010). Unresponsive wakefulness syndrome: A new name for the vegetative state or apallic syndrome. *BMC Medicine*, 8(1), 68. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-8-68>
- Laver, K. E., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2011). Virtual reality for stroke rehabilitation. In *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008349.pub2>
- Law, L. L. F., Barnett, F., Yau, M. K., & Gray, M. A. (2014). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review. In *Ageing Research Reviews* (Vol. 15, Issue 1, pp. 61–75). <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.02.008>
- Le Bouc, R., & Pessiglione, M. (2013). Imaging social motivation: Distinct brain mechanisms drive effort production during collaboration versus competition. *Journal of Neuroscience*, 33(40), 15894–15902. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0143-13.2013>
- Lee, M., Pyun, S.-B., Chung, J., Kim, J., Eun, S.-D., & Yoon, B. (2016). A Further Step to Develop Patient-Friendly Implementation Strategies for Virtual Reality-Based Rehabilitation in Patients With Acute Stroke. *Physical Therapy*, 96(10), 1554–1564. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150271>
- Lee, Minyoung, Pyun, S.-B., Chung, J., Kim, J., Eun, S.-D., & Yoon, B. (2016). A Further Step to Develop Patient-Friendly Implementation Strategies for Virtual Reality-Based Rehabilitation in Patients With Acute Stroke. *Physical Therapy*, 96(10), 1554–1564. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150271>
- Levin-Epstein, M. (2007). Pay attention to details. In *Behavioral Healthcare* (Vol. 27, Issue 4, pp. 26–27).
- Levin, H., & Kraus, M. F. (1994). The frontal lobes and traumatic brain injury. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 6(4), 443–454. <https://doi.org/10.1176/jnp.6.4.443>
- Lewin, J. S., Friedman, L., Wu, D., Miller, D. A., Thompson, L. A., Klein, S. K., Wise, A. L., Hedera, P., Buckley, P., Meltzer, H., Friedland, R. P., & Duerk, J. L. (1996). Cortical localization of human sustained attention: Detection with functional MR using a visual vigilance paradigm. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 20(5), 695–701. <https://doi.org/10.1097/00004728-199609000-00002>
- Lewis, G. N., & Rosie, J. A. (2012). Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users? *Disability and Rehabilitation*, 34(22), 1880–1886. <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.670036>

- Lezak, Muriel D, Howieson, D. B., Loring, D. W., Hannay, H. J., & Fischer, J. S. (2004). Neuropsychological assessment (4th ed.). In *Neuropsychological assessment (4th ed.)*.
- Lezak, Muriel Deutsch, Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). Neuropsychological assessment (5th ed.). In *Neuropsychological assessment (5th ed.)*.
- Lincoln, N., Majid, M., & Weyman, N. (2000). Cognitive rehabilitation for attention deficits following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD002842. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd002842>
- Linden, D. E. J. (2005). The P300: Where in the brain is it produced and what does it tell us? In *Neuroscientist* (Vol. 11, Issue 6, pp. 563–576). <https://doi.org/10.1177/1073858405280524>
- Linehan, C., Kirman, B., Lawson, S., & Chan, G. (2011). Practical, appropriate, empirically-validated guidelines for designing educational games. *Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '11*, 1979. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979229>
- Lishman, W. (1984). Closed Head Injury Psychological, social, and family consequences. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 47(10), 1148–1148. <https://doi.org/10.1136/jnnp.47.10.1148-b>
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: A 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170–178. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>
- Liu, J., Wang, C., Diao, Q., Qin, W., Cheng, J., & Yu, C. (2018). Connection disruption underlying attention deficit in subcortical stroke. *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018171730>
- Llorens, R., Noé, E., Ferri, J., & Alcañiz, M. (2015). Videogame-based group therapy to improve self-awareness and social skills after traumatic brain injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0029-1>
- Lo, E. H., Dalkara, T., & Moskowitz, M. A. (2003). Mechanisms, challenges and opportunities in stroke. *Nature Reviews Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nrn1106>
- Loetscher, T., Potter, K. J., Wong, D., & das Nair, R. (2019). Cognitive rehabilitation for attention deficits following stroke. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2019, Issue 11). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002842.pub3>
- Lohse, K. R., Hilderman, C. G. E., Cheung, K. L., Tatla, S., & Van der Loos, H. F. M. (2014). Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PloS One*.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093318>
- Lombardi, F. (2008). Pharmacological treatment of neurobehavioural sequelae of traumatic brain injury. *European Journal of Anaesthesiology*, 25, 131–136. <https://doi.org/10.1017/S0265021507003316>
- Louis F. D’Elia, Satz, P., & Craig Lyons Uchiyama, T. W. (1996). *Color Trails Test*. Psychological Assessment Resources, Inc.
- Lucia, F., Candelieri, A., & Pignolo, L. (2010). Application of Virtual Reality in Neuro-Rehabilitation: An Overview. In *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.5772/13555>
- Luker, J., Lynch, E., Bernhardsson, S., Bennett, L., & Bernhardt, J. (2015). Stroke Survivors’ Experiences of Physical Rehabilitation: A Systematic Review of Qualitative Studies. In *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (Vol. 96, Issue 9, pp. 1698-1708.e10). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.03.017>
- Luszczynska, A., Gutiérrez-Doña, B., & Schwarzer, R. (2005). General self-efficacy in various domains of human functioning: Evidence from five countries. *International Journal of Psychology*, 40(2), 80–89. <https://doi.org/10.1080/00207590444000041>
- Lynch, B. (2002). Historical review of computer-assisted cognitive retraining. In *Journal of Head Trauma Rehabilitation* (Vol. 17, Issue 5, pp. 446–457). <https://doi.org/10.1097/00001199-200210000-00006>
- Mack, S. C., & Eckstein, M. P. (2011). Object co-occurrence serves as a contextual cue to guide and facilitate visual search in a natural viewing environment. *Journal of Vision*, 11(9), 1–16. <https://doi.org/10.1167/11.9.9>
- Mackworth, J. F. (1968). VIGILANCE, AROUSAL, AND HABITUATION. *Psychological Review*. <https://doi.org/10.1037/h0025896>
- Maclean, N., & Pound, P. (2000). A critical review of the concept of patient motivation in the literature on physical rehabilitation. In *Social Science and Medicine* (Vol. 50, Issue 4, pp. 495–506). [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(99\)00334-2](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(99)00334-2)
- Maclean, N., Pound, P., Wolfe, C., & Rudd, A. (2002). The concept of patient motivation: A qualitative of stroke professionals’ attitudes. *Stroke*. <https://doi.org/10.1161/hs0202.102367>
- Mainetti, R., Sedda, A., Ronchetti, M., Bottini, G., & Borghese, N. A. (2013). Duckneglect: Video-games based neglect rehabilitation. *Technology and Health Care*, 21(2), 97–111. <https://doi.org/10.3233/THC-120712>
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. In *Aptitude learning and instruction*

- (Vol. 3, Issue 3, pp. 223–253). [https://doi.org/10.1016/S0037-6337\(09\)70509-1](https://doi.org/10.1016/S0037-6337(09)70509-1)
- Mandehgary Najafabadi, M., Azad, A., Mehdizadeh, H., Behzadipour, S., Fakhari, M., Taghavi Azar Sharabiani, P., Parnianpour, M., Taghizadeh, G., & Khalaf, K. (2019). Improvement of Upper Limb Motor Control and Function After Competitive and Noncompetitive Volleyball Exercises in Chronic Stroke Survivors: A Randomized Clinical Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.10.012>
- Mannella, F., Gurney, K., & Baldassarre, G. (2013). The nucleus accumbens as a nexus between values and goals in goal-directed behavior: A review and a new hypothesis. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00135>
- Marin, R. S. (1996). Apathy: Concept, Syndrome, Neural Mechanisms, and Treatment. *Seminars in Clinical Neuropsychiatry*, 1(4), 304–314. <https://doi.org/10.1053/SCNP00100304>
- Marin, R. S. (1997). Differential diagnosis of apathy and related disorders of diminished motivation. *Psychiatric Annals*, 27(1), 30–33. <https://doi.org/10.3928/0048-5713-19970101-08>
- Marin, R. S., Chakravorty, S., Silver, J. M., McAllister, T. W., & Yudofsky, S. C. (2005). Disorders of diminished motivation. In *Textbook of traumatic brain injury*. (pp. 337–352).
- Marin, R. S., & Wilkosz, P. A. (2005). Disorders of diminished motivation. In *Journal of Head Trauma Rehabilitation* (Vol. 20, Issue 4, pp. 377–388). <https://doi.org/10.1097/00001199-200507000-00009>
- Marsh, N. V., Kersel, D. a, Havill, J. H., & Sleigh, J. W. (1998). Caregiver burden at 1 year following severe traumatic brain injury. *Brain Inj*, 12, 1045–1059. <https://doi.org/10.1076/jcen.24.4.434.1030>
- Martínez-Selva JM. (1995). *Psicofisiología*. Síntesis.
- Mateen, B. A., Bussas, M., Doogan, C., Waller, D., Saverino, A., Király, F. J., & Playford, E. D. (2018). The Trail Making test: a study of its ability to predict falls in the acute neurological in-patient population. *Clinical Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1177/0269215518771127>
- Mateer, C. A., & Sira, C. S. (2006). Cognitive and emotional consequences of TBI: Intervention strategies for vocational rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 21(4), 315–326. <https://doi.org/10.3223/nre-2006-21406>
- Matute, C., & Ransom, B. R. (2012). Roles of white matter in central nervous system pathophysiology. *ASN Neuro*. <https://doi.org/10.1042/AN20110060>
- May, A., Hajak, G., Gänßbauer, S., Steffens, T., Langguth, B., Kleinjung, T., & Eichhammer, P. (2007). Structural brain alterations following 5 days of intervention: Dynamic aspects of neuroplasticity. *Cerebral*

- Cortex. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj138>
- Mayzner, M. S., & Neisser, U. (1977). Cognition and Reality. *The American Journal of Psychology*, 90(3), 541. <https://doi.org/10.2307/1421888>
- Mazaux, J. M., Masson, F., Levin, H. S., Alaoui, P., Maurette, P., & Barat, M. (1997). Long-term neuropsychological outcome and loss of social autonomy after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(12), 1316–1320. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90303-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90303-8)
- McAlonan, K., Cavanaugh, J., & Wurtz, R. H. (2008). Guarding the gateway to cortex with attention in visual thalamus. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature07382>
- McGurk, S. R., Twamley, E. W., Sitzler, D. I., McHugo, G. J., & Mueser, K. T. (2007). A meta-analysis of cognitive remediation in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 164(12), 1791–1802. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.07060906>
- Mckhann, G. M. (2004). Non-invasive Mapping of Connections Between Human Thalamus and Cortex Using Diffusion Imaging. *Neurosurgery*, 54(1), NA-NA. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000309595.77090.89>
- Mega, M. S., Cummings, J. L., Salloway, S., & Malloy, P. (1997). The limbic system: an anatomic, phylogenetic, and clinical perspective. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 9(3), 315–330. <https://doi.org/10.1002/cne.20771>
- Meichenbaum, D. (1979). Cognitive behavior modification: The need for a fairer assessment. *Cognitive Therapy and Research*, 3(2), 127–132. <https://doi.org/10.1007/BF01172598>
- Mesulam, M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*. <https://doi.org/10.1002/ana.410100402>
- Mesulam, M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*. <https://doi.org/10.1002/ana.410280502>
- Mesulam, M. (1999). Spatial attention and neglect: Parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rstb.1999.0482>
- Mesulam, M. M. (1998). From sensation to cognition. In *Brain* (Vol. 121, Issue 6, pp. 1013–1052). <https://doi.org/10.1093/brain/121.6.1013>
- Meythaler, J. M., Brunner, R. C., Johnson, A., & Novack, T. A. (2002). Amantadine to improve neurorecovery in traumatic brain injury-associated diffuse axonal injury: A pilot double-blind randomized

- trial. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*.
<https://doi.org/10.1097/00001199-200208000-00004>
- Michel, J. A., & Mateer, C. A. (2006). Attention rehabilitation following stroke and traumatic brain injury: A review. *Europa Medicophysica*, 42(1), 59–67.
- Middleton, D. K., Lambert, M. J., & Seggar, L. B. (1991). Neuropsychological rehabilitation: microcomputer-assisted treatment of brain-injured adults. *Percept Mot Skills*, 72(2), 527–530.
<https://doi.org/10.2466/pms.1991.72.2.527>
- Mihelj, M., Novak, D., Milavec, M., Zihelr, J., Olenšek, A., & Munih, M. (2012). Virtual Rehabilitation Environment Using Principles of Intrinsic Motivation and Game Design. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(1), 1–15.
https://doi.org/10.1162/PRES_a_00078
- Miller, E. K. (2000). The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(1), 59–65. <https://doi.org/10.1038/35036228>
- Minamimoto, T., & Kimura, M. (2002). Participation of the thalamic CM-Pf complex in attentional orienting. *Journal of Neurophysiology*.
<https://doi.org/10.1152/jn.2002.87.6.3090>
- Ministerio de Sanidad, C. y B. S. (2017). *Encuesta Nacional de Salud de España 2017*.
- Mirsky, A. F. (1987). Behavioral and Psychophysiological Markers of Disordered Attention. In *Environmental Health Perspectives* (Vol. 74, p. 191). <https://doi.org/10.2307/3430449>
- Mirsky, A. F., & Duncan, C. C. (2001). A nosology of disorders of attention. In *Annals of the New York Academy of Sciences*.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05771.x>
- Mitchell, A. J., Kemp, S., Benito-León, J., & Reuber, M. (2010). The influence of cognitive impairment on health-related quality of life in neurological disease. In *Acta Neuropsychiatrica* (Vol. 22, Issue 1, pp. 2–13). <https://doi.org/10.1111/j.1601-5215.2009.00439.x>
- Mosby P. (2003). Diccionario Mosby medicina, enfermería y ciencia de la salud. In *Enero* (Vol. 1).
- Moss, T., Feltz, D. L., Kerr, N. L., Smith, A. L., Winn, B., & Spencer, B. D. (2018). Intergroup competition in exergames: Further tests of the Köhler effect. *Games for Health Journal*, 7(4), 240–245.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0122>
- Most, S. B., Smith, S. D., Cooter, A. B., Levy, B. N., & Zald, D. H. (2007). The naked truth: Positive, arousing distractors impair rapid target perception. *Cognition and Emotion*.
<https://doi.org/10.1080/02699930600959340>
- Mulert, C., Gallinat, J., Pascual-Marqui, R., Dorn, H., Frick, K., Schlattmann, P., Mientus, S., Herrmann, W. M., & Winterer, G.

- (2001). Reduced event-related current density in the anterior cingulate cortex in schizophrenia. *NeuroImage*, 13(4), 589–600. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0727>
- Mûnte, T. F., Ridao-Alonso, M. E., Preinfalk, J., Jung, A., Wieringa, B. M., Matzke, M., Dengler, R., & Johannes, S. (1997). An electrophysiological analysis of altered cognitive functions in Huntington disease. *Archives of Neurology*. <https://doi.org/10.1001/archneur.1997.00550210027009>
- Nass, C., Moon, Y., & Carney, P. (1999). Are People Polite to Computers? Responses to Computer-Based Interviewing Systems1. *Journal of Applied Social Psychology*, 29(5), 1093–1109. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1999.tb00142.x>
- Nathan, A. J., & Scobell, A. (2012). How China sees America. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9(3), 353–383. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(77\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(77)90012-3)
- Navon, D. (1985). Attention Division or Attention Sharing? In *Attention and Performance XI* (pp. 133–146).
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86(3), 214–255. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.86.3.214>
- Neuhaus, A. H., Urbanek, C., Opgen-Rhein, C., Hahn, E., Ta, T. M. T., Koehler, S., Gross, M., & Dettling, M. (2010). Event-related potentials associated with Attention Network Test. *International Journal of Psychophysiology*, 76(2), 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.02.005>
- Niedermeyer, E. (1994). Clinical neuropsychology of attention. In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (Vol. 91, Issue 3). Oxford University press. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(94)90083-3)
- Noe, E., & Llorens, R. (2014). *ClinicalTrials.org*. NIH.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75(6), 522–536. <https://doi.org/10.1037/h0026699>
- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7(1), 44–64. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3)
- Novak, D., Nagle, A., Keller, U., & Riener, R. (2014). Increasing motivation in robot-aided arm rehabilitation with competitive and cooperative gameplay. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*,

- 11(1). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-64>
- Nowak, R., Escera Micó, C., Corral López, M. J., & Barceló Galindo, F. (2008). Electroencefalografía y potenciales evocados. In *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos* (pp. 155–171). <https://doi.org/10.1016/b978-84-458-1776-6.50007-1>
- Nudo, R. J., Wise, B. M., SiFuentes, F., & Milliken, G. W. (1996). Neural Substrates for the Effects of Rehabilitative Training on Motor Recovery After Ischemic Infarct. *Science*, 272(5269), 1791–1794. <https://doi.org/10.1126/science.272.5269.1791>
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2009). Electric Fields of the Brain: The neurophysics of EEG. In *Electric Fields of the Brain: The neurophysics of EEG*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195050387.001.0001>
- Nyberg, C. K., Nordvik, J. E., Becker, F., Rohani, D. A., Sederevicius, D., Fjell, A. M., & Walhovd, K. B. (2018). A longitudinal study of computerized cognitive training in stroke patients—effects on cognitive function and white matter. *Topics in Stroke Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1080/10749357.2018.1443570>
- Nys, G. M. S., van Zandvoort, M. J. E., van der Worp, H. B., de Haan, E. H. F., de Kort, P. L. M., Jansen, B. P. W., & Kappelle, L. J. (2006). Early cognitive impairment predicts long-term depressive symptoms and quality of life after stroke. *Journal of the Neurological Sciences*, 247(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.04.005>
- Oddy, M., Cattran, C., & Wood, R. (2008). The development of a measure of motivational changes following acquired brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), 568–575. <https://doi.org/10.1080/13803390701555598>
- Oehlschlagel, J., & Moosbrugger, H. (1991). Concentration performance without concentration? The evaluation of true performance on the Attention-Demands Test d2 / Konzentrationsleistung ohne Konzentration? Zur Schätzung wahrer Leistungswerte im Aufmerksamkeits-Belastungs-Test d2. *Diagnostica*, 37(1), 42–51.
- Ohsugi, H., Ohgi, S., Shigemori, K., & Schneider, E. B. (2013). Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. *BMC Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-14-10>
- Oken, B. S., Salinsky, M. C., & Elsas, S. M. (2006). Vigilance, alertness, or sustained attention: physiological basis and measurement. In *Clinical Neurophysiology* (Vol. 117, Issue 9, pp. 1885–1901). <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.01.017>
- Olichney, J. M., Morris, S. K., Ochoa, C., Salmon, D. P., Thal, L. J., Kutas, M., & Iragui, V. J. (2002). Abnormal verbal event related potentials in mild cognitive impairment and incipient Alzheimer's disease.

- Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*.
<https://doi.org/10.1136/jnnp.73.4.377>
- Olichney, J. M., Taylor, J. R., Gatherwright, J., Salmon, D. P., Bressler, A. J., Kutas, M., & Iragui-Madoz, V. J. (2008). Patients with MCI and N400 or P600 abnormalities are at very high risk for conversion to dementia. *Neurology*.
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000281689.28759.ab>
- Olichney, John M., & Hillert, D. G. (2004). Clinical applications of cognitive event-related potentials in Alzheimer's disease. In *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*.
[https://doi.org/10.1016/S1047-9651\(03\)00103-7](https://doi.org/10.1016/S1047-9651(03)00103-7)
- Orbell, S. (2003). Personality systems interactions theory and the theory of planned behaviour: Evidence that self-regulatory volitional components enhance enactment of studying behaviour. *British Journal of Social Psychology*, 42(1), 95–112.
<https://doi.org/10.1348/014466603763276144>
- Orsini, A., Chiacchio, L., Cinque, M., Cocchiario, C., Schiappa, O., & Grossi, D. (1986). Effects of age, education and sex on two tests of immediate memory: A study of normal subjects from 20 to 99 years of age. *Perceptual and Motor Skills*, 63(2 II), 727–732.
<https://doi.org/10.2466/pms.1986.63.2.727>
- Osborn, K. A., Irwin, B. C., Skogsberg, N. J., & Feltz, D. L. (2012). The Köhler effect: Motivation gains and losses in real sports groups. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1(4), 242–253.
<https://doi.org/10.1037/a0026887>
- Oskooie, H. A., Heravi, M. M., Karimi, N., & Zadeh, M. E. (2011). Caro's acid-silica gel: An efficient and versatile catalyst for the one-pot synthesis of tetrahydrobenzo[b]pyran derivatives. In *Synthetic Communications* (Vol. 41, Issue 3, pp. 436–440).
<https://doi.org/10.1080/00397911003587499>
- Ostrosky-Solís, F., & Lozano, A. (2006). Digit Span: Effect of education and culture. *International Journal of Psychology*, 41(5), 333–341.
<https://doi.org/10.1080/00207590500345724>
- Páez, D. J., & Páez, R. (2014). Código ictus: Protocolo de tratamiento del ictus cerebral isquémico. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 23(1–3), 41–44.
- Palmese, C. a, & Raskin, S. a. (2000). The rehabilitation of attention in individuals with mild traumatic brain injury, using the APT-II programme. *Brain Injury: [BI]*, 14(6), 535–548.
<https://doi.org/10.1080/026990500120448>
- Parasuraman, R., Warm, J. S., & See, Judi, E. (1998). Brain Systems of Vigilance. In *The Attentive Brain* (pp. 221–256).

- Pardo, J. V., Fox, P. T., & Raichle, M. E. (1991). Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, *349*(6304), 61–64. <https://doi.org/10.1038/349061a0>
- Parker, J., Mawson, S., Mountain, G., Nasr, N., & Zheng, H. (2014). Stroke patients' utilisation of extrinsic feedback from computer-based technology in the home: A multiple case study realistic evaluation. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *14*(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6947-14-46>
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. In *Annual Review of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216>
- Patenaude, B., Smith, S. M., Kennedy, D. N., & Jenkinson, M. (2011). A Bayesian model of shape and appearance for subcortical brain segmentation. *NeuroImage*. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.046>
- Paul-Lapedriza, N., Bilbao-Bilbao, A., & Rios-Lago, M. (2011). Rehabilitación Neuropsicológica. In Viguera (Ed.), *Manual de Neuropsicología* (2ª, pp. 495–522).
- Paus, T., Jech, R., Thompson, C. J., Comeau, R., Peters, T., & Evans, A. C. (1997). Transcranial magnetic stimulation during positron emission tomography: A new method for studying connectivity of the human cerebral cortex. *Journal of Neuroscience*, *17*(9), 3178–3184. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.17-09-03178.1997>
- Peña-Casanova, J., Quiñones-Úbeda, S., Quintana-Aparicio, M., Aguilar, M., Badenes, D., Molinuevo, J. L., Torner, L., Robles, A., Barquero, M. S., Villanueva, C., Antúnez, C., Martínez-Parra, C., Frank-García, A., Sanz, A., Fernández, M., Alfonso, V., Sol, J. M., & Blesa, R. (2009). Spanish multicenter normative studies (NEURONORMA project): Norms for verbal Span, visuospatial Span, letter and number sequencing, trail making test, and symbol digit modalities test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *24*(4), 321–341. <https://doi.org/10.1093/arclin/acp038>
- Peng, W., & Hsieh, G. (2012). The influence of competition, cooperation, and player relationship in a motor performance centered computer game. *Computers in Human Behavior*, *28*(6), 2100–2106. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.014>
- Pergher, V., Tournoy, J., Schoenmakers, B., & Van Hulle, M. M. (2019). P300, gray matter volume and individual characteristics correlates in healthy elderly. *Frontiers in Aging Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00104>
- Periáñez Morales, J. A., Ríos Lago, M., Barceló Galindo, F., Madrid Cañadas, E., & Ruz Cámara, M. (2008). Atención y neuroimagen. In *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos* (pp. 281–316).

- <https://doi.org/10.1016/b978-84-458-1776-6.50013-7>
- Pero, S., Incoccia, C., Caracciolo, B., Zoccolotti, P., & Formisano, R. (2006). Rehabilitation of attention in two patients with traumatic brain injury by means of “attention process training.” *Brain Injury*, 20(11), 1207–1219. <https://doi.org/10.1080/02699050600983271>
- Petersen, S.E., & Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 21(35), 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Petersen, Steven E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. In *Annual Review of Neuroscience* (Vol. 35, pp. 73–89). <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Petersen, Steven E., Robinson, D. L., & Morris, J. D. (1987). Contributions of the pulvinar to visual spatial attention. *Neuropsychologia*, 25(1 PART 1), 97–105. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(87\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0028-3932(87)90046-7)
- Plas, D., Chau, P. Y. K., Thach, T. Q., Jahn, H. J., Lai, P. C., Wong, C. M., & Kraemer, A. (2013). Quantifying the burden of disease due to premature mortality in Hong Kong using standard expected years of life lost. In *BMC Public Health* (Vol. 13, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-863>
- Podgorny, P., & Shepard, R. N. (1983). Distribution of visual attention over space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9(3), 380–393. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.9.3.380>
- Polich, J. (1986). P300 Development from Auditory Stimuli. *Psychophysiology*, 23(5), 590–597. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1986.tb00677.x>
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. In *Clinical Neurophysiology*. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
- Portellano-Pérez, J., & García Alba, A. (2014). Rehabilitación neuropsicológica de la atención. In Síntesis (Ed.), *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria* (pp. 108–126).
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. <https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M., Petersen, S., Fox, P., & Raichle, M. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240(4859), 1627–1631. <https://doi.org/10.1126/science.3289116>
- Posner, M I, & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42.

- <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, Michael I. (2012). Imaging attention networks. In *NeuroImage* (Vol. 61, Issue 2, pp. 450–456). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.040>
- Posner, Michael I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78(5), 391–408. <https://doi.org/10.1037/h0031333>
- Posner, Michael I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. In *Trends in Neurosciences* (Vol. 17, Issue 2, pp. 75–79). [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90078-7](https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90078-7)
- Posner, Michael I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, Michael I., Petersen, S. E., Fox, P. T., & Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240(4859), 1627–1631. <https://doi.org/10.1126/science.3289116>
- Posner, Michael I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science. *Annual Review of Psychology*, 58(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085516>
- Posner, Michael I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(2), 160–174. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.109.2.160>
- Pritchett, K., & Mulder, G. B. (2004). Operant conditioning. In *Contemporary Topics in Laboratory Animal Science* (Vol. 43, Issue 4, pp. 35–36). <https://doi.org/10.4324/9781315083735-4>
- Pugnetti, L., Mendozzi, L., Attree, E. a., Barbieri, E., Brooks, B. M., Cazzullo, C. L., Motta, A., Rose, F. D., & Psychol, C. (1998). Probing Memory and Executive Functions with Virtual Reality: Past and Present Studies. *CyberPsychology & Behavior*, 1(2), 151–161. <https://doi.org/10.1089/cpb.1998.1.151>
- Quiroz Padilla, M. F., Martí Nicolovius, M., & Guillazo Blanch, G. (2010). Núcleos intralaminares posteriores del tálamo y procesos cognitivos. *Revista de Neurología*. <https://doi.org/10.33588/rn.5104.2010095>
- Rafal, R., Henik, A., & Smith, J. (1991). Extrageniculate contributions to reflex visual orienting in normal humans: a temporal hemifield advantage. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(4), 322–328. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.4.322>
- Ramanoël, S., Hoyau, E., Kauffmann, L., Renard, F., Pichat, C., Boudiaf, N., Krainik, A., Jaillard, A., & Baciú, M. (2018). Gray matter volume and cognitive performance during normal aging. A voxel-based morphometry study. *Frontiers in Aging Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00235>

- Rand, D., Weiss, P. L., & Katz, N. (2009). Training multitasking in a virtual supermarket: A novel intervention after stroke. *American Journal of Occupational Therapy*, 63(5), 535–542. <https://doi.org/10.5014/ajot.63.5.535>
- Rasquin, S. M. C., Lodder, J., Ponds, R. W. H. M., Winkens, I., Jolles, J., & Verhey, F. R. J. (2004). Cognitive functioning after stroke: A one-year follow-up study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 18(2), 138–144. <https://doi.org/10.1159/000079193>
- Regian, J. W., Shebilske, W. L., & Monk, J. M. (1992). Virtual Reality: An Instructional Medium for Visual-Spatial Tasks. *Journal of Communication*, 42(4), 136–149. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00815.x>
- Reiss, S. (2012). Intrinsic and Extrinsic Motivation. In *Teaching of Psychology* (Vol. 39, Issue 2, pp. 152–156). <https://doi.org/10.1177/0098628312437704>
- Reuter, B. M., & Schönle, P. W. (1998). [Computer-assisted neuropsychological training in neurological rehabilitation]. *Psychiatrische Praxis*, 25(3), 117–121.
- Rhyu, I. J., Bytheway, J. A., Kohler, S. J., Lange, H., Lee, K. J., Boklewski, J., McCormick, K., Williams, N. I., Stanton, G. B., Greenough, W. T., & Cameron, J. L. (2010). Effects of aerobic exercise training on cognitive function and cortical vascularity in monkeys. *Neuroscience*, 167(4), 1239–1248. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.03.003>
- Rizzo, A. A., Bowerly, T., Buckwalter, J. G., Klimchuk, D., Mitura, R., & Parsons, T. D. (2006). A virtual reality scenario for all seasons: The virtual classroom. In *CNS Spectrums* (Vol. 11, Issue 1, pp. 35–44). <https://doi.org/10.1017/S1092852900024196>
- Rizzo, A. A., & Galen Buckwalter, J. (1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: The state of the art. *Studies in Health Technology and Informatics*, 44, 123–145. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-888-5-123>
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. In *Neuropsychological Rehabilitation* (Vol. 14, Issues 1-2 SPEC. ISS., pp. 207–239). <https://doi.org/10.1080/09602010343000183>
- Robertson, I. H., Ward, T., Ridgeway, V., & Nimmo-Smith, I. (1996). The structure of normal human attention: The Test of Everyday Attention. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2(6), 525–534. <https://doi.org/10.1017/s1355617700001697>
- Robertson, L. C., & Lamb, M. R. (1991). Neuropsychological contributions to theories of part/whole organization. *Cognitive*

- Psychology*, 23(2), 299–330. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(91\)90012-D](https://doi.org/10.1016/0010-0285(91)90012-D)
- Roca, J., Castro, C., López-Ramón, M. F., & Lupiáñez, J. (2011). Measuring vigilance while assessing the functioning of the three attentional networks: The ANTI-Vigilance task. *Journal of Neuroscience Methods*, 198(2), 312–324. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.04.014>
- Rogers, R., Basile, L., Papanicolaou, A., Bourbon, T., & Eisenberg, H. (1993). Visual evoked magnetic fields reveal activity in the superior temporal sulcus. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 86(5), 344–347.
- Rohring, S., Kulke, H., Reulbach, U., Peetz, H., & Schupp, W. (2004). Effectivity of a neuropsychological training in attention functions by a teletherapeutic setting. *Neurologie Und Rehabilitation*, 10(5), 239–246.
- Romero, M., Sánchez, A., Marín, C., Navarro, M. D., Ferri, J., & Noé, E. (2012). Utilidad clínica de la versión en castellano del Mississippi Aphasia Screening Test (MASTsp): Validación en pacientes con ictus. *Neurología*, 27(4), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.06.006>
- Rousseaux M., Fimm, B., & Cantagallo, A. (2002). *Attention disorders in cerebrovascular diseases* (Michel Leclercq and Peter Zimmermann Editores (Ed.); Applied Ne).
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029–1040. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012>
- Ruitenbergh, A., Den Heijer, T., Bakker, S. L. M., Van Swieten, J. C., Koudstaal, P. J., Hofman, A., & Breteler, M. M. B. (2005). Cerebral hypoperfusion and clinical onset of dementia: The Rotterdam Study. *Annals of Neurology*, 57(6), 789–794. <https://doi.org/10.1002/ana.20493>
- Ryan, R., & Deci, E. (1994). Intrinsic Motivation Inventory (IMI). In *The Intrinsic Motivation Inventory, Scale description*. <https://doi.org/www.selfdeterminationtheory.org>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Saalmann, Y. B., Pinsk, M. A., Wang, L., Li, X., & Kastner, S. (2012). The Pulvinar Regulates Information Transmission Between Cortical Areas Based on Attention Demands. *Science*, 337(6095), 753–756.

- <https://doi.org/10.1126/science.1223082>
- Sacco, R. L., Kasner, S. E., Broderick, J. P., Caplan, L. R., Connors, J. J., Culebras, A., Elkind, M. S. V., George, M. G., Hamdan, A. D., Higashida, R. T., Hoh, B. L., Janis, L. S., Kase, C. S., Kleindorfer, D. O., Lee, J. M., Moseley, M. E., Peterson, E. D., Turan, T. N., Valderrama, A. L., & Vinters, H. V. (2013). An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American heart association/American stroke association. *Stroke*, *44*(7), 2064–2089. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e318296aeca>
- Sağlam, M., & Güzeldir, B. (2016). Temperature dependent electrical characteristics of Zn/ZnSe/n-GaAs/In structure. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 707, Issue 1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/707/1/012025>
- Salamone, J. D., Correa, M., Farrar, A., & Mingote, S. M. (2007). Effort-related functions of nucleus accumbens dopamine and associated forebrain circuits. In *Psychopharmacology*. <https://doi.org/10.1007/s00213-006-0668-9>
- Samendinger, S., Beckles, J., Forlenza, S. T., Pfeiffer, K. A., & Feltz, D. L. (2015). Partner Weight as a Moderator of Exercise Motivation in an Obese Sample. *Medical Research Archives*, *3*. <https://doi.org/10.18103/mra.v0i3.277>
- Saposnik, G., Mamdani, M., Bayley, M., Thorpe, K. E., Hall, J., Cohen, L. G., & Teasell, R. (2010). Effectiveness of virtual reality exercises in stroke rehabilitation (EVREST): Rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the wii gaming system. *International Journal of Stroke*, *5*(1), 47–51. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2009.00404.x>
- Saywell, N., Taylor, N., Rodgers, E., Skinner, L., & Boocock, M. (2017). Play-based interventions improve physical function for people with adult-acquired brain injury: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, *31*(2), 145–157. <https://doi.org/10.1177/02692155166631384>
- Sbordone, R. J. (1996). Ecological validity: Some critical issues for the neuropsychologist. In *Ecological validity of neuropsychological testing* (pp. 15–41).
- Schiff, N. D. (2008). Central thalamic contributions to arousal regulation and neurological disorders of consciousness. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1129*, 105–118. <https://doi.org/10.1196/annals.1417.029>
- Schmidgen, H. (2000). William James: The principles of psychology (1890). In *Klassiker der Psychologie TT - William James: The principles of*

- psychologie (Die Prinzipien der Psychologie) (1890) (pp. 72–77).*
- Schmierbach, M., Xu, Q., Oeldorf-Hirsch, A., & Dardis, F. E. (2012). Electronic Friend or Virtual Foe: Exploring the Role of Competitive and Cooperative Multiplayer Video Game Modes in Fostering Enjoyment. *Media Psychology, 15*(3), 356–371. <https://doi.org/10.1080/15213269.2012.702603>
- Schultz, W. (1998). Predictive reward signal of dopamine neurons. *Journal of Neurophysiology, 80*(1), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.10.029>
- Schultz, W. (2000). Multiple reward signals in the brain. *Nature Reviews, 1*(9), 199–207. <https://doi.org/10.1038/35044563>
- Schweizer, K., & Koch, W. (2003). Perceptual processes and cognitive ability. *Intelligence, 31*(3), 211–235. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00117-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00117-4)
- Schweizer, K., Moosbrugger, H., & Goldhammer, F. (2005). The structure of the relationship between attention and intelligence. *Intelligence, 33*(6), 589–611. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.07.001>
- Schwilden, H. (2006). Concepts of EEG processing: From power spectrum to bispectrum, fractals, entropies and all that. In *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology* (Vol. 20, Issue 1, pp. 31–48). <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2005.09.001>
- Scolari, M., Seidl-Rathkopf, K. N., & Kastner, S. (2015). Functions of the human frontoparietal attention network: Evidence from neuroimaging. In *Current Opinion in Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2014.08.003>
- Sebastián, M. V., & Mediavilla, R. (2015). Amplitud verbal de dígitos en orden directo en población española. *Psicothema, 27*(2), 93–98. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.258>
- Sergent, J. (1982). The cerebral balance of power: Confrontation or cooperation? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8*(2), 253–272. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.8.2.253>
- SHAH, S. K. (1984). Reliability of the Original Brunnstrom Recovery Scale Following Hemiplegia. *Australian Occupational Therapy Journal, 31*(4), 144–151. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.1984.tb01473.x>
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 298*(1089), 199–209. <https://doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>
- Shallice, Tim, & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain, 114*(2), 727–741. <https://doi.org/10.1093/brain/114.2.727>
- Shallice, Tim, Stuss, D. T., Alexander, M. P., Picton, T. W., & Derkzen,

- D. (2008). The multiple dimensions of sustained attention. *Cortex*, 44(7), 794–805. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.04.002>
- Sharma, L., Markon, K. E., & Clark, L. A. (2014). Toward a theory of distinct types of “impulsive” behaviors: A meta-analysis of self-report and behavioral measures. *Psychological Bulletin*. <https://doi.org/10.1037/a0034418>
- Sharp, D. J., Bonnelle, V., De Boissezon, X., Beckmann, C. F., James, S. G., Patel, M. C., & Mehta, M. A. (2010). Distinct frontal systems for response inhibition, attentional capture, and error processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(13), 6106–6111. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000175107>
- Shaw, M. L., & Shaw, P. (1977). Optimal allocation of cognitive resources to spatial locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3(2), 201–211. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.3.2.201>
- Sheldon, K. M., Williams, G., & Joiner, T. (2003). Self-determination theory in the clinic: Motivating physical and mental health. In *Self-Determination Theory in the Clinic: Motivating Physical and Mental Health*.
- Sherin, A., Shabbier, G., Rehman, S., Shah, N. H., & Zarif, M. (2005). Hypertension in acute ischemic and haemorrhagic stroke. *Journal of Postgraduate Medical Institute*, 19(2), 220–225.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.127>
- Sivan, M., Neumann, V., Kent, R., Stroud, A., & Bhakta, B. B. (2010). Pharmacotherapy for treatment of attention deficits after non-progressive acquired brain injury. A systematic review. In *Clinical Rehabilitation* (Vol. 24, Issue 2, pp. 110–121). <https://doi.org/10.1177/0269215509343234>
- Skidmore, E. R., Whyte, E. M., Holm, M. B., Becker, J. T., Butters, M. A., Dew, M. A., Munin, M. C., & Lenze, E. J. (2010). Cognitive and Affective Predictors of Rehabilitation Participation After Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.10.026>
- Skippen, P., Matzke, D., Heathcote, A., Fulham, W. R., Michie, P., & Karayanidis, F. (2019). Reliability of triggering inhibitory process is a better predictor of impulsivity than SSRT. *Acta Psychologica*. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2018.10.016>
- Smith, A. (1967). Human Brain and Psychological Processes. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 145(4), 344–346.

- <https://doi.org/10.1097/00005053-196710000-00011>
- Snow, J. C., Allen, H. A., Rafal, R. D., & Humphreys, G. W. (2009). Impaired attentional selection following lesions to human pulvinar: Evidence for homology between human and monkey. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810086106>
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *9*(2), 117–130. <https://doi.org/10.1080/01688638708405352>
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1989). Training use of compensatory memory books: A three stage behavioral approach. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *11*(6), 871–891. <https://doi.org/10.1080/01688638908400941>
- Sohlberg, M. M., McLaughlin, K. A., Pavese, A., Heidrich, A., & Posner, M. I. (2000). Evaluation of attention process training and brain injury education in persons with acquired brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *22*(5), 656–676. [https://doi.org/10.1076/1380-3395\(200010\)22:5;1-9;ft656](https://doi.org/10.1076/1380-3395(200010)22:5;1-9;ft656)
- Song, H., Kim, J., Tenzek, K. E., & Lee, K. M. (2010). The Effects of Competition on Intrinsic Motivation in Exergames and the Conditional Indirect Effects of Presence. *Proceedings of the Annual Conference of the International Communication Association, 2010*.
- Song, H., Kim, J., Tenzek, K. E., & Lee, K. M. (2013). The effects of competition and competitiveness upon intrinsic motivation in exergames. *Computers in Human Behavior*, *29*(4), 1702–1708. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.01.042>
- Sorensen, A. G., & Ay Hakan, H. (2011). Transient Ischemic Attack: Definition, Diagnosis, and Risk Stratification. In *Neuroimaging Clinics of North America* (Vol. 21, Issue 2, pp. 303–313). <https://doi.org/10.1016/j.nic.2011.01.013>
- Stebbins, G. T., Nyenhuis, D. L., Wang, C., Cox, J. L., Freels, S., Bangen, K., Detolledo-Morrell, L., Sripathirathan, K., Moseley, M., Turner, D. A., Gabrieli, J. D. E., & Gorelick, P. B. (2008). Gray matter atrophy in patients with ischemic stroke with cognitive impairment. *Stroke*. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.507392>
- Steinmetz, M. A., Connor, C. E., Constantinidis, C., & McLaughlin, J. R. (1994). Covert attention suppresses neuronal responses in area 7a of the posterior parietal cortex. *Journal of Neurophysiology*, *72*(2), 1020–1023. <https://doi.org/10.1152/jn.1994.72.2.1020>
- Stern, H., Jeaco, S., & Millar, T. (2000). Computers in neurorehabilitation: What role do they play? Part 2. *British Journal of Occupational Therapy*, *63*(1), 25–28. <https://doi.org/10.1177/030802260006300105>
- Stincer, J. (2008). Introducción a La Introducción a La Αποπρωσιζ. *British*

- Journal of Cancer*, 134, 1–17.
- Stroop, J. R. (1935). Stroop color word test. *J. Exp. Physiol.*, 18, 643–662. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3>
- Stroop, J. Ridley. (1992). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(1), 15–23. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.121.1.15>
- Strumpf, H., Mangun, G. R., Boehler, C. N., Stoppel, C., Schoenfeld, M. A., Heinze, H. J., & Hopf, J. M. (2013). The role of the pulvinar in distractor processing and visual search. *Human Brain Mapping*, 34(5), 1115–1132. <https://doi.org/10.1002/hbm.21496>
- Sturm, W., De Simone, A., Krause, B. J., Specht, K., Hesselmann, V., Radermacher, I., Herzog, H., Tellmann, L., Müller-Gärtner, H. W., & Willmes, K. (1999). Functional anatomy of intrinsic alertness: Evidence for a fronto-parietal-thalamic-brainstem network in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 37(7), 797–805. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00141-9](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00141-9)
- Sturm, W., Fimm, B., Cantagallo, A., Cremel, N., North, P., Passadori, A., Pizzamiglio, L., Rousseaux, M., Zimmermann, P., Deloche, G., & Leclercq, M. (2003). Specific computerized attention training in stroke and traumatic brain-injured patients. *Zeitschrift Für Neuropsychologie*, 14(4), 283–292. <https://doi.org/10.1024/1016-264X.14.4.283>
- Sturm, W., Longoni, F., Weis, S., Specht, K., Herzog, H., Vohn, R., Thimm, M., & Willmes, K. (2004). Functional reorganisation in patients with right hemisphere stroke after training of alertness: A longitudinal PET and fMRI study in eight cases. *Neuropsychologia*. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.09.001>
- Sturm, Walter, Longoni, F., Weis, S., Specht, K., Herzog, H., Vohn, R., Thimm, M., & Willmes, K. (2004). Functional reorganisation in patients with right hemisphere stroke after training of alertness: A longitudinal PET and fMRI study in eight cases. *Neuropsychologia*, 42(4), 434–450. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.09.001>
- Sturm, Walter, & Willmes, K. (1991). Efficacy of a Reaction Training on Various Attentional and Cognitive Functions in Stroke Patients. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1(4), 259–280. <https://doi.org/10.1080/09602019108402258>
- Sturm, Walter, Willmes, K., Orgass, B., & Hartje, W. (1997). Do specific attention deficits need specific training? *Neuropsychological Rehabilitation*, 7(2), 81–103. <https://doi.org/10.1080/713755526>
- Stuss, Donald T., Gow, C. A., & Hetherington, C. R. (1992). “No longer”: frontal lobe dysfunction and emotional changes. *Journal of Consulting*

- and Clinical Psychology*, 60(3), 309–359.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0022-006X.60.3.349>
- Stuss, D. T. (2006). Frontal lobes and attention: Processes and networks, fractionation and integration. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(2), 261–271.
<https://doi.org/10.1017/S1355617706060358>
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*, 95(1), 3–28.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.1.3>
- Su, C. Y., Wuang, Y. P., Lin, Y. H., & Su, J. H. (2015). The role of processing speed in post-stroke cognitive dysfunction. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 30(2), 148–160.
<https://doi.org/10.1093/arclin/acu057>
- Sun, J. H., Tan, L., & Yu, J. T. (2014). Post-stroke cognitive impairment: Epidemiology, mechanisms and management. In *Annals of Translational Medicine* (Vol. 2, Issue 8).
<https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2014.08.05>
- Swanson, L. R., & Whittinghill, D. M. (2015). Intrinsic or Extrinsic? Using Videogames to Motivate Stroke Survivors: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 4(3), 253–258.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0074>
- Tamayo, F., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R. M., Rognoni, T., Calvo, L., Palomo, R., Aranciva, F., & Peña-Casanova, J. (2012). Spanish normative studies in a young adult population (NEURONORMA young adults project): Guidelines for the span verbal, span visuo-spatial, Letter-Number Sequencing, Trail Making Test and Symbol Digit Modalities Test. *Neurología (English Edition)*, 27(6), 319–329.
<https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2012.07.008>
- Tangney, J. P., Baumeister, R. F., & Boone, A. L. (2004). High Self-Control Predicts Good Adjustment, Less Pathology, Better Grades, and Interpersonal Success. *Journal of Personality*, 72(2), 271–324.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-3506.2004.00263.x>
- Taylor, M. J. D., McCormick, D., Shawis, T., Impson, R., & Griffin, M. (2011). Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, 48(10), 1171. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2010.09.0171>
- TD., S., & Lee, R. A. (2005). Motor Control and Learning: A behavioural Emphasis. *Human Kinetics*, 537.
- Teasell, R., & Hussein, N. (2018). Background Concepts in Stroke Rehabilitation. In *Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation*.
- Tekin, S., & Cummings, J. L. (2002). Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: An update. In *Journal of Psychosomatic*

- Research* (Vol. 53, Issue 2, pp. 647–654).
[https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(02\)00428-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00428-2)
- Thomas, C., & Baker, C. I. (2013). Teaching an adult brain new tricks: A critical review of evidence for training-dependent structural plasticity in humans. In *NeuroImage*.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.03.069>
- Tirapu-Ustárrroz, J., García-Molina, A., Luna Lario, P., Verdejo García, A., & Ríos Lago, M. (2012). Funciones ejecutivas y regulación de la conducta. *Neuropsicología de La Corteza Prefrontal y Las Funciones Ejecutivas*, 89–120. [http://autismodiario.org/wp-content/uploads/2013/12/Neuropsicolog?a-de-la-corteza-prefrontal-y-las-funciones-ejecutivas-y-Conducta.pdf](http://autismodiario.org/wp-content/uploads/2013/12/Neuropsicolog%a-de-la-corteza-prefrontal-y-las-funciones-ejecutivas-y-Conducta.pdf)
- Tonner, P. H., & Bein, B. (2006). Classic electroencephalographic parameters: Median frequency, spectral edge frequency etc. In *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology* (Vol. 20, Issue 1, pp. 147–159). <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2005.08.008>
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242–248.
<https://doi.org/10.1080/17470216008416732>
- Tudela, P. (1992). Atención y Percepción. In L. Trespalacios & P. Tudela (Eds.), *Atención*. Alhambra.
- Turunen, M., Hokkanen, L., Bäckman, L., Stigsdotter-Neely, A., Hänninen, T., Pajananen, T., Soininen, H., Kivipelto, M., & Ngandu, T. (2019). Computer-based cognitive training for older adults: Determinants of adherence. *PLoS ONE*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219541>
- Tyndel, M. (2002). Book Review: Neuropsychiatry: Cognitive Rehabilitation. An Integrative Neuropsychological Approach. In *The Canadian Journal of Psychiatry* (Vol. 47, Issue 4).
<https://doi.org/10.1177/070674370204700413>
- Uchiyama, S. (2010). New Definition and Concept of TIA. *Rinsho Shinkeigaku = Clinical Neurology*, 50(11), 904–906.
<https://doi.org/10.5692/clinicalneuro.50.904>
- Unibasó-Markaida, I., Iraurgi, I., Ortiz-Marqués, N., Amayra, I., & Martínez-Rodríguez, S. (2019). Effect of the Wii Sports Resort on the improvement in attention, processing speed and working memory in moderate stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0500-5>
- Valdés Hernández, M. del C., Booth, T., Murray, C., Gow, A. J., Penke, L., Morris, Z., Maniega, S. M., Royle, N. A., Aribisala, B. S., Bastin, M. E., Starr, J. M., Deary, I. J., & Wardlaw, J. M. (2013). Brain white matter damage in aging and cognitive ability in youth and older age.

- Neurobiology* of *Aging*.
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2013.05.032>
- Valenzuela, M. J., & Sachdev, P. (2006). Brain reserve and dementia: A systematic review. In *Psychological Medicine* (Vol. 36, Issue 4, pp. 441–454). <https://doi.org/10.1017/S0033291705006264>
- Van Der Werf, Y. D., Witter, M. P., Uylings, H. B. M., & Jolles, J. (2000). Neuropsychology of infarctions in the thalamus: A review. In *Neuropsychologia*. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00104-9](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00104-9)
- van Dijk, J. G. (1990). Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine. *Journal of the Neurological Sciences*, 95(1), 113. [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(90\)90122-4](https://doi.org/10.1016/0022-510x(90)90122-4)
- van Uffelen, J. G. Z., Chinapaw, M. J. M., van Mechelen, W., & Hopman-Rock, M. (2008). Walking or vitamin B for cognition in older adults with mild cognitive impairment? A randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 42(5), 344–351. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.044735>
- Vandenberghe, R., Molenberghs, P., & Gillebert, C. R. (2012). Spatial attention deficits in humans: The critical role of superior compared to inferior parietal lesions. In *Neuropsychologia*. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.016>
- Vázquez-Marrufo, M., Galvao-Carmona, A., González-Rosa, J. J., Hidalgo-Muñoz, A. R., Borges, M., Ruiz-Peña, J. L., & Izquierdo, G. (2014). Neural correlates of alerting and orienting impairment in multiple sclerosis patients. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097226>
- Vázquez-Marrufo, M., González-Rosa, J. J., Vaquero, E., Duque, P., Escera, C., Borges, M., Izquierdo, G., & Gómez, C. M. (2008). Abnormal ERPS and high frequency bands power in multiple sclerosis. *International Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1080/00207450601041906>
- Vázquez-Marrufo, Manuel, Benítez, M. L., Rodríguez-Gómez, G., Galvao-Carmona, A., Fernández-Del Olmo, A., & Vaquero-Casares, E. (2011). Afectación de las redes neurales atencionales durante el envejecimiento saludable. *Revista de Neurología*, 52(1), 20–26.
- Vázquez-Marrufo, Manuel, González-Rosa, J. J., Galvao-Carmona, A., Hidalgo-Muñoz, A., Borges, M., Peña, J. L. R., & Izquierdo, G. (2013a). Retest Reliability of Individual P3 Topography Assessed by High Density Electroencephalography. *PLoS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062523>
- Vázquez-Marrufo, Manuel, González-Rosa, J. J., Galvao-Carmona, A., Hidalgo-Muñoz, A., Borges, M., Peña, J. L. R., & Izquierdo, G. (2013b). Retest Reliability of Individual P3 Topography Assessed by

- High Density Electroencephalography. *PLoS ONE*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062523>
- Verleger, R. (1988). The true P3 is hard to see: Some comments on Kok's (1986) paper on degraded stimuli. *Biological Psychology*, 27(1), 45–50.
[https://doi.org/10.1016/0301-0511\(88\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0301-0511(88)90004-X)
- Virk, S., Williams, T., Brunson, R., Suh, F., & Morrow, A. (2015). Cognitive remediation of attention deficits following acquired brain injury: A systematic review and meta-analysis. In *NeuroRehabilitation*.
<https://doi.org/10.3233/NRE-151225>
- von Ahn, L., & Dabbish, L. (2008). Designing games with a purpose. *Communications of the ACM*, 51(8), 57.
<https://doi.org/10.1145/1378704.1378719>
- Walhovd, K. B., & Fjell, A. M. (2002). One-year test-retest reliability of auditory ERPs in young and old adults. *International Journal of Psychophysiology*. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(02\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(02)00039-9)
- Walker, C. J. (2010). Experiencing flow: Is doing it together better than doing it alone? *Journal of Positive Psychology*.
<https://doi.org/10.1080/17439760903271116>
- Waller, D., Hunt, E., & Knapp, D. (1998). The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(2), 129–143.
<https://doi.org/10.1162/105474698565631>
- Wang, K., Fan, J., Dong, Y., Wang, C. Q., Lee, T. M. C., & Posner, M. I. (2005). Selective impairment of attentional networks of orienting and executive control in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 78(2–3), 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.01.019>
- Wang, Y., Liu, G., Hong, D., Chen, F., Ji, X., & Cao, G. (2016). White matter injury in ischemic stroke. In *Progress in Neurobiology*.
<https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2016.04.005>
- Wann, J. P., Rushton, S. K., Smyth, M., & Jones, D. (1997). Virtual environments for the rehabilitation of disorders of attention and movement. *Studies in Health Technology and Informatics*, 44, 157–164.
<https://doi.org/10.3233/978-1-60750-888-5-157>
- Watson, R. T., Valenstein, E., & Heilman, K. M. (1981). Thalamic Neglect: Possible Role of the Medial Thalamus and Nucleus Reticularis in Behavior. *Archives of Neurology*.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1981.00510080063009>
- Wechsler, D., & Pereaña, J. (2004). WMS-III: Escala de Memoria de Wechsler-III. *Tea*.
- Wechsler, D. (2009). Wechsler Memory Scale-Fourth Edition (WMS-IV). *San Antonio, TX, Pearson Assessment*.
<https://doi.org/10.1037/t15175-000>

- Wechsler, David. (2008). WAIS-IV : Wechsler adult intelligence scale. *San Antonio, TX: Psychological Corporation*.
[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00019-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00019-2)
- Weicker, J., Hudl, N., Hildebrandt, H., Obrig, H., Schwarzer, M., Villringer, A., & Thöne-Otto, A. (2020). The effect of high vs. low intensity neuropsychological treatment on working memory in patients with acquired brain injury. *Brain Injury*.
<https://doi.org/10.1080/02699052.2020.1773536>
- Westerberg, D. P., Heintz, K., & Daneshvar, M. (2015). Stroke prevention in atrial fibrillation. In *Osteopathic Family Physician* (Vol. 7, Issue 3, pp. 16–20). <https://doi.org/10.2165/11538620-000000000-00000>
- Wijers, A. A., Okita, T., Mulder, G., Mulder, L. J. M., Lorist, M. M., Poiesz, R., & Scheffers, M. K. (1987). Visual search and spatial attention: ERPs in focussed and divided attention conditions. *Biological Psychology*, 25(1), 33–60. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(87\)90066-4](https://doi.org/10.1016/0301-0511(87)90066-4)
- Wilde, N., & Strauss, E. (2002). Functional equivalence of WAIS-III/WMS-III digit and Spatial Span under forward and backward recall conditions. *Clinical Neuropsychologist*, 16(3), 322–330. <https://doi.org/10.1076/clin.16.3.322.13858>
- Wilkins, A. J., Shallice, T., & McCarthy, R. (1987). Frontal lesions and sustained attention. *Neuropsychologia*, 25(2), 359–365. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(87\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(87)90024-8)
- Wilson, B. A., Emslie, H. C., Quirk, K., & Evans, J. J. (2001). Reducing everyday memory and planning problems by means of a paging system: A randomised control crossover study. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 70(4), 477–482. <https://doi.org/10.1136/jnnp.70.4.477>
- Wilson, B., Cockburn, J., & Halligan, P. (1987). Development of a behavioral test of visuospatial neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68(2), 98–102.
- Wilson, Barbara A., Winegardner, J., van Heugten, C. M., & Ownsworth, T. (2017). Neuropsychological rehabilitation: The international handbook. In *Neuropsychological Rehabilitation: The International Handbook* (pp. 1–604). <https://doi.org/10.4324/9781315629537>
- Wilson, M. A., & Languis, M. L. (1990). A Topographic study of differences in the P300 between introverts and extraverts. *Brain Topography*, 2(4), 269–274. <https://doi.org/10.1007/BF01129655>
- Winkens, I., Van Heugten, C. M., Wade, D. T., Habets, E. J., & Fasotti, L. (2009). Efficacy of Time Pressure Management in Stroke Patients With Slowed Information Processing: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.04.016>

- Wong, A. C. N., Gauthier, I., Woroch, B., DeBuse, C., & Curran, T. (2005). An early electrophysiological response associated with expertise in letter perception. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.3758/cabn.5.3.306>
- Wood, R. L., & Eames, P. (2017). Application of behaviour modification in the rehabilitation of traumatically brain-injured patients. In *Applications of Conditioning Theory* (pp. 81–101). <https://doi.org/10.4324/9781351273084-4>
- Wurtz, R. H., Goldberg, M. E., & Robinson, D. L. (1982). Brain mechanisms of visual attention. *Scientific American*, *246*(6), 124–135. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0682-124>
- Xia, S., Li, X., Kimball, A. E., Kelly, M. S., Lesser, I., & Branch, C. (2012). Thalamic shape and connectivity abnormalities in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry Research - Neuroimaging*. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.04.011>
- Yamaguchi, S., & Knight, R. T. (1991). P300 generation by novel somatosensory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *78*(1), 50–55. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(91\)90018-Y](https://doi.org/10.1016/0013-4694(91)90018-Y)
- Yin, H. H., Ostlund, S. B., Knowlton, B. J., & Balleine, B. W. (2005). The role of the dorsomedial striatum in instrumental conditioning. *European Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04218.x>
- Yokoyama, H., Okazaki, K., Imai, D., Yamashina, Y., Takeda, R., Naghavi, N., Ota, A., Hirasawa, Y., & Miyagawa, T. (2015). The effect of cognitive-motor dual-task training on cognitive function and plasma amyloid β peptide 42/40 ratio in healthy elderly persons: A randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, *15*(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-015-0058-4>
- Yoo, C., Yong, M. H., Chung, J., & Yang, Y. (2015). Effect of computerized cognitive rehabilitation program on cognitive function and activities of living in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(8), 2487–2489. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2487>
- Zamrini, E. Y., Meador, K. J., Thompson, W. O., & Lee, G. P. (1991). Reproducibility of p3. *International Journal of Neuroscience*. <https://doi.org/10.3109/00207459108986279>
- Zangwill, O. L. (1947). PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF REHABILITATION IN CASES OF BRAIN INJURY. *British Journal of Psychology. General Section*. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1947.tb01121.x>
- Zheng, G., Zhou, W., Xia, R., Tao, J., & Chen, L. (2016). Aerobic

Exercises for Cognition Rehabilitation following Stroke: A Systematic Review. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 25(11), 2780–2789.

<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.07.035>

Anexos

Anexos





Anexo I. Herramientas de intervención

Anexo I.1. Ejercicios gamificados

Como se describe en la sección 2.2.1.1, la intervención mediante ejercicios gamificados incluyó ocho ejercicios interactivos multitáctiles, que simulaban tareas enmarcadas en diferentes deportes, eventos y escenarios olímpicos. Cada ejercicio se enfoca en una combinación específica de funciones atencionales y otras habilidades cognitivas, como la memoria de trabajo y la capacidad de inhibición. A continuación, se proporciona un resumen de los ejercicios.

Resumen de los ejercicios gamificados

Ejercicio	Habilidad cognitiva	Entorno	Interacción	Objetivo	Parámetros internos	Parámetros externos	Imagen
<i>Maratón</i>	Atención sostenida	Un corredor sobre una carrera donde aparecen elementos a distintas velocidades	Una única zona de interacción para seleccionar los elementos	Seleccionar el agua y la fruta tan rápido como sea posible e ignorar los ladrillos	Velocidad	Aciertos Omisiones Comisiones	
<i>Ciclismo</i>	Atención selectiva	Un ciclista sobre una carretera donde que se aproximan distintos obstáculos	Dos zonas de interacción: - esquivar - parar	Esquivar los charcos y las piedras de la carretera y parar ante la barrera	Velocidad Tamaño de la zona de interacción	Aciertos Omisiones Comisiones	
<i>Tenis</i>	Velocidad de procesamiento e inhibición	Un partido de tenis a dobles	Dos zonas de interacción, una para cada jugador: - izquierdo - derecho	Devolver la pelota con el jugador situado a la derecha o a la izquierda, según corresponda	Velocidad Tamaño de la zona de interacción Tiempo entre saques	Aciertos Omisiones Comisiones	
<i>Público</i>	Velocidad de procesamiento Atención selectiva	La grada de un estadio con espectadores	Toque en la pantalla sobre el elemento correspondiente	Identificar rasgos faciales y complementos en la grada tan rápido como sea posible.	Tiempo de respuesta Número de personas en la grada Número de elementos a identificar	Aciertos Omisiones Comisiones	

<i>Rugby</i>	Atención selectiva Memoria de trabajo	Un campo de rugby con dos equipos	Toques en la pantalla sobre los jugadores	Identificar los jugadores que fueron señalados antes de ponerse en movimiento	Nº jugadores Nº jugadores que seguir Duración de la jugada Tiempo de respuesta Distractor (balón)	Aciertos Errores Comisiones	
<i>Fútbol</i>	Atención selectiva y dividida	Un campo de fútbol con dos equipos	Toques en la pantalla sobre los jugadores	Reproducir una secuencia de pases, en orden directo e inverso. Su longitud aumenta tras cada acierto	Tiempo de respuesta Número de secuencias Longitud inicial de la secuencia	Aciertos Omisiones	
<i>Duatlón</i>	Atención dividida	Una pantalla dividida donde se visualiza el maratón y el ciclismo	Toques en la pantalla para seleccionar elementos (maratón) y esquivar obstáculos (ciclista)	Seleccionar el agua y la fruta (maratón) y evitar los obstáculos (maratón)	<u>Maratón</u> : Tiempo del elemento <u>Ciclismo</u> : Velocidad y tamaño zona de interacción	Aciertos y errores para cada prueba	
<i>Triatlón</i>	Atención dividida	Una pantalla dividida donde se visualiza el maratón, el ciclismo y la natación	Toques en la pantalla para seleccionar elementos (maratón) y esquivar obstáculos (ciclista) y girar nadador (natación)	Seleccionar el agua y la fruta (maratón), evitar los obstáculos (ciclista) y girar al nadador (nadador)	<u>Maratón</u> : Tiempo del elemento <u>Ciclismo y Natación</u> : Velocidad y tamaño zona de interacción	Aciertos y errores para cada prueba	

Anexo I.2. Ejercicios convencionales

Como se describe en la sección 2.2.1.2, la intervención mediante ejercicios convencionales incluyó una batería de ejercicios convencionales tipo lápiz-papel que incluían los diversos procesos atencionales a entrenar y distintos niveles de dificultad. Se incluyeron ejercicios que involucraron tareas de cancelación, selección de estímulos, detección de diferencias, búsqueda de iguales, repetición de secuencias y series, ordenación de elementos y alternancia o división del foco atencional en dos tareas simultáneas, entre otras. A continuación, se describen algunos ejemplos de los ejercicios utilizados.

Busca en el dibujo los siguientes elementos:



Ejercicio de búsqueda visual.

En este ejercicio, el participante debe localizar cada uno de los elementos indicados en la franja superior en el menor tiempo posible.

Rodea de verde los números 6, de rojo los número
 cero y de azul los números 2, todos al mismo
 tiempo Y OYENDO MUSICA AL MISMO TIEMPO.

.....

1	6	9	4	5	7	8	5	7	3	4	0	2	8	7	0	5	0	3	4	8	5	0	2	2	7	8	0	2	
4	0	2	3	5	5	8	7	7	4	4	8	8	2	7	5	0	0	4	8	7	5	2	0	7	8	0	2	1	
6	0	8	2	2	7	8	2	7	5	8	2	2	5	7	0	8	8	4	8	5	0	2	2	8	0	2	5	2	
8	2	5	4	3	8	2	4	0	1	6	9	8	8	8	3	0	8	8	4	5	0	2	8	2	2	5	7	3	
8	0	4	5	0	2	2	7	3	0	2	7	8	3	7	7	3	2	2	0	8	4	0	5	0	8	2	0	8	
1	6	0	9	7	2	5	7	5	2	8	8	3	7	4	5	7	0	0	1	6	9	4	8	2	4	2	2	4	
0	4	2	8	4	4	5	7	0	8	5	5	4	4	2	2	4	7	7	3	0	3	4	0	2	0	3	4	6	
2	5	7	5	3	5	8	8	7	7	0	3	4	3	3	3	5	0	0	3	2	4	0	2	4	5	7	3	9	
2	5	8	3	8	0	3	7	5	8	2	3	5	3	4	0	5	7	7	0	2	5	0	2	2	0	3	8	9	
7	5	2	4	7	4	2	2	5	2	0	2	3	2	7	0	5	4	4	3	3	4	7	7	7	8	8	7	0	
7	7	3	0	1	6	9	0	4	3	2	8	0	8	1	1	6	8	3	7	7	7	5	8	8	0	0	2	3	
8	8	7	2	0	8	7	4	3	0	3	8	4	8	0	7	5	2	3	0	3	8	8	0	4	1	6	8	9	
8	7	5	8	2	2	7	5	2	0	3	7	0	0	2	8	5	0	0	2	4	0	2	4	4	8	8	7	0	
3	3	3	7	0	0	8	0	8	4	5	4	4	3	4	7	8	3	3	3	3	5	9	8	5	8	7	3	5	
3	2	2	5	4	3	8	7	8	8	4	0	4	8	4	3	4	7	4	5	2	2	4	7	8	0	2	3	4	
7	3	2	0	4	4	8	3	7	7	2	0	7	4	2	8	0	3	7	0	7	5	3	7	2	4	3	7	3	
1	6	9	1	6	9	4	2	5	5	8	3	2	7	5	0	8	8	8	4	7	5	2	3	4	2	3	0	8	
0	0	5	8	8	8	0	4	2	0	3	2	5	7	4	7	7	3	8	8	8	4	3	8	7	5	5	1		
9	0	7	5	5	3	4	3	3	2	8	3	8	8	5	7	5	5	3	4	3	7	3	4	4	3	4	8	0	
0	4	7	0	0	2	3	5	2	0	2	1	6	9	0	5	8	4	2	3	5	3	0	2	8	0	8	8	8	
3	4	7	0	2	4	0	3	7	0	0	3	0	2	7	4	7	8	3	3	4	2	2	3	5	8	8	0	2	4
2	2	8	7	7	4	0	8	8	0	4	5	3	4	3	8	0	2	5	1	6	9	4	7	7	5	5	4	3	
3	2	8	0	4	2	3	7	2	5	2	4	2	2	2	8	2	0	3	7	5	5	3	0	1	2	3	0	2	
3	0	4	2	7	2	2	5	5	2	0	3	0	4	2	0	8	8	7	4	7	2	7	0	8	5	7	4		
1	9	3	5	2	7	5	0	4	5	7	3	3	4	4	3	2	3	8	8	8	4	2	2	7	7	8	7	5	
7	4	7	8	0	7	4	3	7	8	0	4	0	3	3	3	5	4	3	0	4	3	3	4	3	8	5	4		
6	5	7	7	8	3	4	5	2	8	0	4	4	2	5	0	2	4	4	4	3	0	0	0	2	7	1			
5	8	5	3	7	2	8	8	0	3	2	5	0	3	8	3	1	6	9	7	2	2	3	8	2	3	5	7	0	
4	7	7	3	4	7	8	7	8	4	3	7	0	0	7	4	0	7	0	4	0	0	4	0	7	5	5	3	9	
4	0	8	4	7	7	3	7	4	4	8	2	2	7	4	4	8	2	2	7	4	4	8	0	8	7	5	7	9	
3	0	7	7	3	3	2	5	8	4	5	2	0	2	0	4	5	5	0	8	3	8	4	3	8	3	4	6	8	
2	8	8	4	5	4	2	5	7	5	3	0	3	7	8	8	8	5	5	4	8	8	8	5	4	8	0	2	3	
5	7	5	5	8	8	3	4	3	1	6	9	3	2	2	8	7	7	8	4	0	3	2	0	3	2	0	3	2	
7	2	0	3	5	0	5	2	4	8	5	0	3	7	7	7	0	7	7	0	3	6	9	4	8	0	5	7	9	
1	6	9	2	4	7	7	8	0	3	5	5	4	0	0	8	0	0	7	0	3	2	7	5	4	3	0	8	7	
7	8	9	7	8	1	7	3	5	8	5	9	0	5	4	4	5	7	4	7	5	8	7	4	3	3	4	4	2	
4	3	2	7	8	8	2	3	5	5	4	2	0	0	5	7	8	8	7	5	2	3	5	4	1	6	7	7	8	
4	3	4	6	9	0	7	8	0	0	2	3	7	8	4	7	4	1	8	0	4	9	3	7	7	5	7	5	1	
3	2	8	0	4	2	3	7	2	5	2	4	2	2	2	8	2	0	3	7	5	5	3	0	1	2	3	0	2	

Ejercicio de atención dividida

En este ejercicio, el participante debe señalar cada uno de los números con su color correspondiente mientras inhibe el efecto distractor de la música.

Cambia los números por las letras en las fichas de dominó y averiguarás el contenido del texto

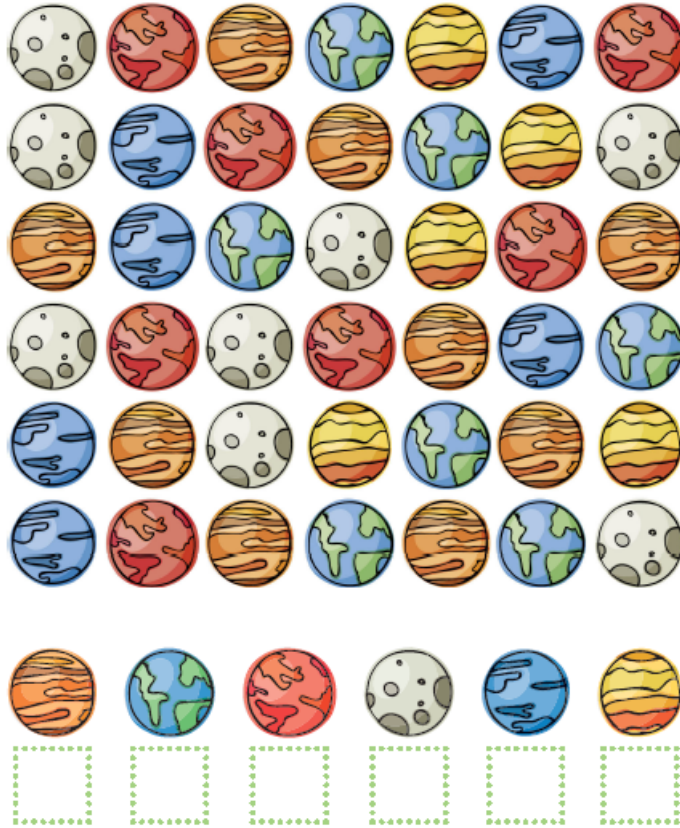
25=A	20=I	10=Q	7=B	8=J	27=R
14=K	5=S	1=CH	11=L	23=T	13=D
16=U	24=E	17=M	29=V	6=F	28=N
18=G	22=Ñ	21=X	12=H	4=O	9=Y
15=Z	19=C	2=LL	3=W	26=P	

23	4	13	4	24	11	17	16	28	13	4	12	25	4	20	13	4	12	25	7
11	25	27	13	24	11	10	16	20	8	4	23	24	26	24	27	4	10	16	20
15	25	5	28	4	23	4	13	25	11	25	18	24	28	23	24	5	24	25	19
25	26	25	15	13	24	27	24	19	4	27	13	25	27	24	11	28	4	17	7
27	24	13	24	11	10	16	20	8	4	23	24	25	28	23	24	5	13	24	26
24	27	13	24	27	11	25	27	25	15	4	28	24	11	5	24	2	25	17	25
7	25	25	11	4	28	5	4	10	16	20	8	25	28	4	9	25	5	16	19
25	7	25	2	4	11	4	2	25	17	4	27	4	19	20	28	25	28	23	24

Clave de números

En este ejercicio, el participante debe asignar a cada número la letra correspondiente en función del modelo aportado para averiguar el contenido del texto.

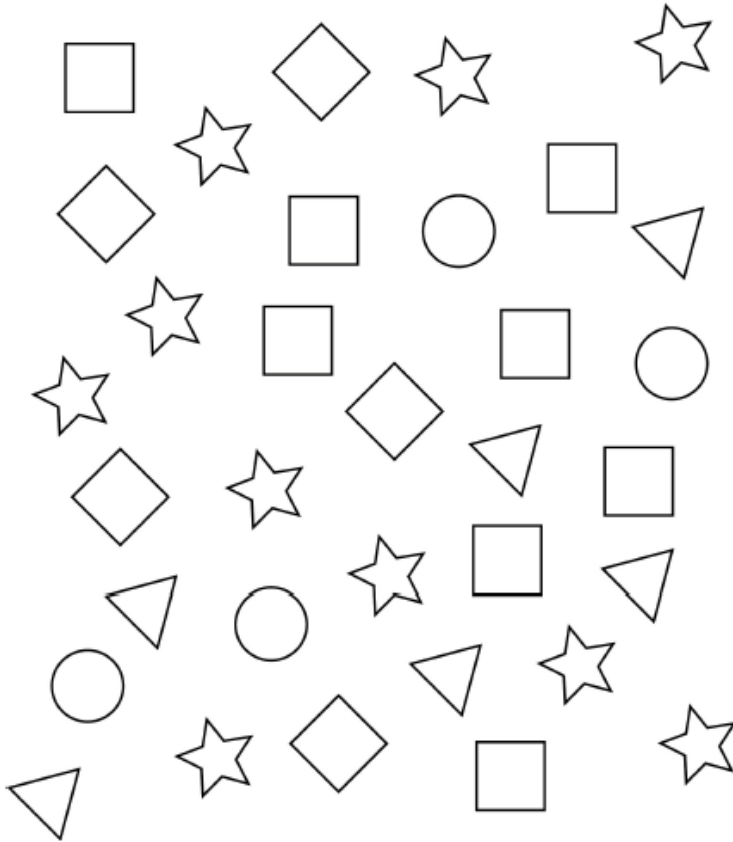
Cuenta los planetas que hay de cada clase y
escribe el número



Ejercicio de atención selectiva

En este ejercicio, el participante debe contabilizar el número de elementos coincidentes con los modelos dados en el menor tiempo posible.

Colorea los cuadrados de verde, las estrellas de amarillo, los círculos de rojo y los triángulos de azul.



Ejercicio de atención alternante

En este ejercicio, el participante debe colorear del color correspondiente cada una de las figuras geométricas siguiendo las reglas establecidas en el enunciado.

Indica si las series de la izquierda son iguales o diferentes de las de la derecha

.....

1 A 2 D 3 V C	1 A 2 D 3 C V
2 3 4 S R 5 6 E	2 3 4 S R 5 6 E
Z X V F 3 2 1	Z X V F 3 1 2
A Q W 6 5 7 3 D S F 7 3	A Q W 6 5 7 3 D H F 7 3
4 D G H 8 0 T Y O P 2	4 D C H 8 0 T Y O P 2
L L Ñ B 2 X 4 T 7 E 1	L L Ñ B 2 X 4 T 7 E 1
B 5 R 3 1 T H 9 0 H K	B 5 R E 1 T H 9 0 H K
Z V Y N M 2 T 4 R 0	Z V Y M N 2 T 4 R 0
A S 9 I 2 3 9 0 W S C	A S 9 I 2 3 9 0 W S C
9 Y U 3 1 6 H V 4 0	9 Y U 3 1 6 H V 4 0
S 2 P 5 I O K X 7 R	S 2 P 6 I O K X 7 R
8 F T 7 A Z 1 S 6 A	8 F T 7 A Z 1 S 6 A
Ñ C 8 0 1 2 R Y 5 1	Ñ C 8 1 1 2 R Y 5 1
2 2 S Q T C 5 4 4 0	2 2 S Q T O 5 4 4 0
9 M G 4 0 I W 2 5 X	9 M G 4 0 I W 5 2 X
S V T 5 U 3 1 E 9 C 0	S V T 5 U 3 1 E 9 C 0
7 R S 2 H 9 O L C 2 8	7 R S H 2 9 O L C 2 8
E T E 2 6 9 V B G M Q	E T E 2 6 6 V B G M Q
1 T 2 J S 3 9 D 5 R M 4	1 T 2 J S 3 9 D 5 R M 4
A 4 R T 6 U J K P 0 2	A 4 R T 6 U J K P 0 2
4 6 5 S F G Ñ Z N 3 4 E	4 6 5 S F G Ñ Z N 3 4 3
X 5 T U 8 0 4 F Y K 1 9 A	X 5 T U 8 0 4 F 1 K 1 9 A

Ejercicio de atención sostenida y selectiva

En este ejercicio, el participante debe comparar los elementos de ambas columnas e identificar si son iguales o diferentes en el menor tiempo posible.

Tabla de atención

	A	B	C	D	E	F	G
1	1567	66	69154	931	885	7220	44110
2	25	41	699	9615	115436	1567	7845
3	366	5623	460	2325	833	4213	91
4	4780	884	3365	45371	727	222284	6240
5	5569	6540	1567	29	1290	33	6910
6	1234	36547	56360	5622	9030	3362	776
7	258	5542	96	291	9191	2563	1127
8	98745	638	1026	8192	965	23564	56
9	8896	7512	175	19	12381	4475	84
10	6320	17	1137	5102	5564	5512	6640

- Escribe los números que contengan un dos: _____

- Escribe el número que está en la casilla B9, F5, C10 y A8: _____

- Escribe qué número se repite 3 veces: _____
- Escribe los números que al sumar todas sus cifras el resultado es 12: _____
- Escribe el número que se encuentra en la casilla E4, G7, D6 y C3: _____

- Si sumamos la Fila 6, cuál es el resultado: _____
- Escribe los números pares: _____

- Escribe los números que al sumar sus cifras el resultado sea 20: _____

- Anota los números terminados en 0 y/o 5: _____

- Escribe los números cuyas dos últimas cifras sumen 9: _____

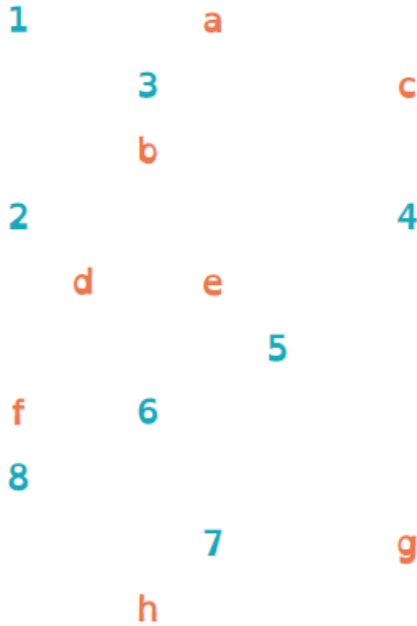
- Si sumamos la columna D, cual es el resultado: _____

Tabla de atención

En este ejercicio, el participante debe seleccionar en el menor tiempo posible aquellos elementos que cumplan con las premisas indicadas.

Cronometra cada tarea

- Unir los números en orden del 1 a 8
- Unir las letras en orden de la a a la g
- Unir el primer número con la primera letra, el segundo número con la segunda letra y así hasta unirlos todos



Ejercicio de atención selectiva y velocidad de procesamiento

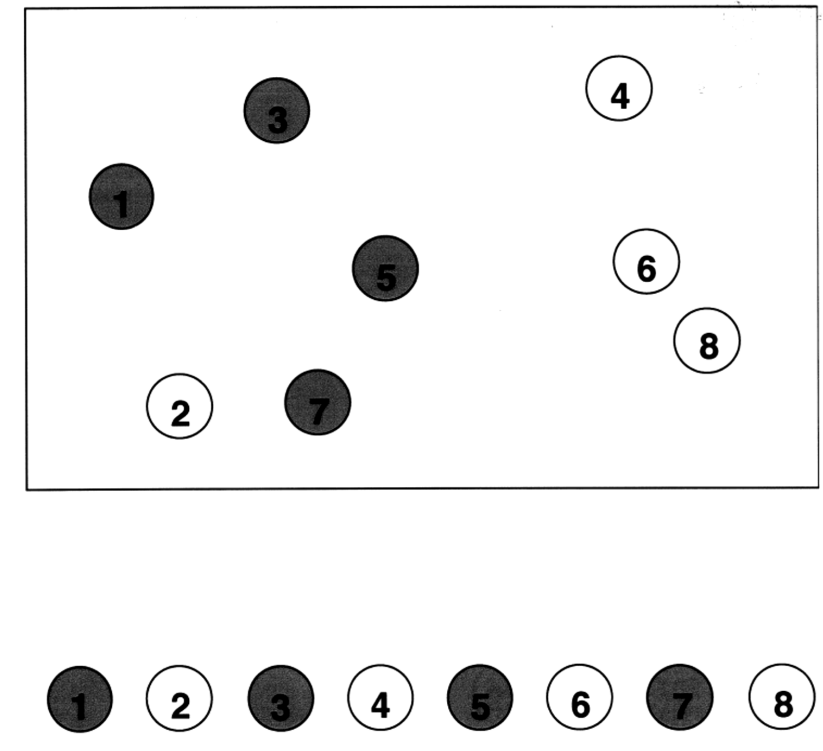
En este ejercicio, el participante debe realizar cada una de las premisas indicadas en el menor tiempo posible.

Anexo II. Herramientas de valoración

Anexo II.1. Habilidades cognitivas

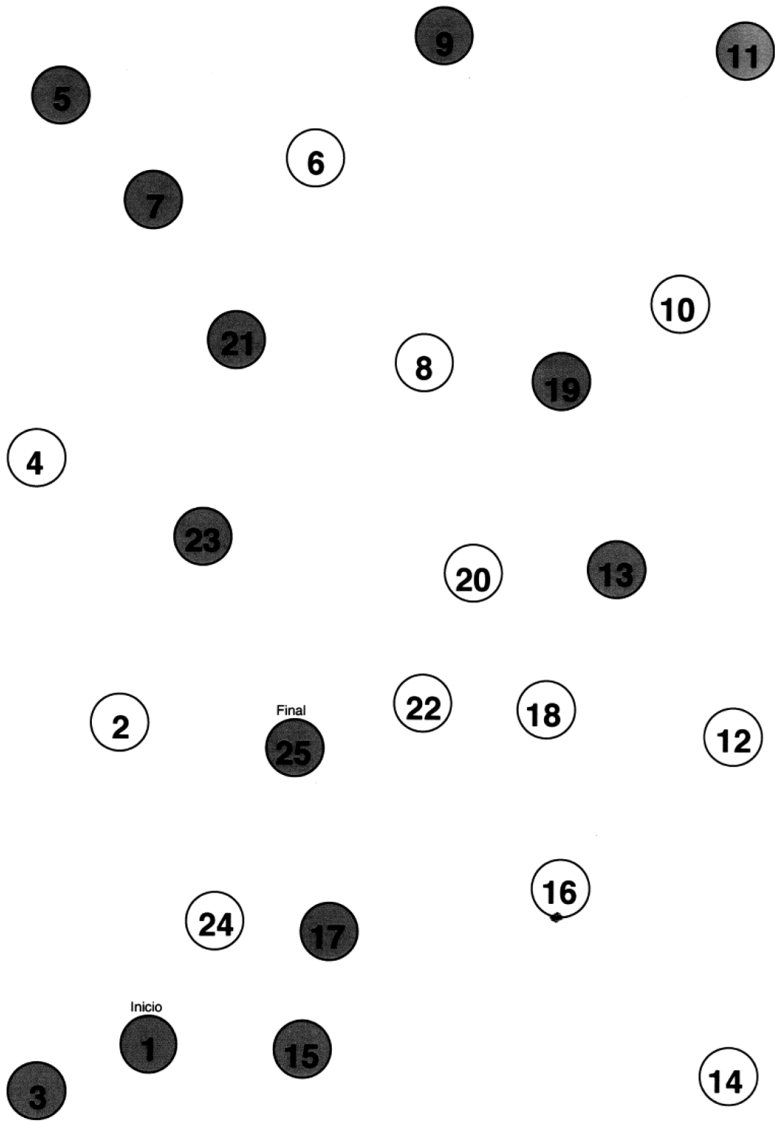
Las habilidades cognitivas de los participantes del estudio del presente trabajo fueron evaluadas con una batería de escalas y test clínicos que incluyeron los instrumentos descritos en la sección 2.2.2.1. Los instrumentos utilizados se proporcionan a continuación.

Color Trail Test

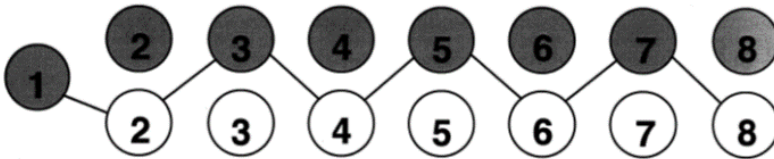
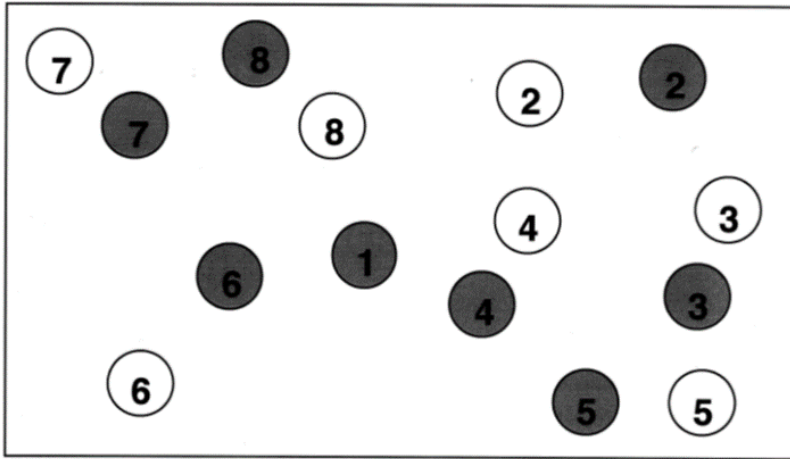


Color Trail Test. Parte A. Instrucciones y ejercicio de práctica.

Esta imagen corresponde al ejercicio de práctica de la Parte A del *Color Trail Test*. El examinador explica al participante las instrucciones de la tarea, la cual consiste en conectar con líneas los números, de forma consecutiva y en orden creciente, tan rápido como sea posible, y, como ejemplo, muestra cómo realizarla con los números situados en la parte inferior de la imagen. A continuación, el participante debe realizar el ejercicio de prueba con los números situados dentro del recuadro. Una vez que el participante ha comprendido la tarea, el examinador muestra la Parte A del *Color Trail Test* y cronometra el tiempo empleado en su finalización.



Color Trail Test. Parte A



Color Trail Test. Parte B. Instrucciones y ejercicio de práctica.

Esta imagen corresponde al ejercicio de práctica de la Parte B del *Color Trail Test*. En esta parte el participante debe unir los números consecutivos alternando el color del círculo en el menor tiempo posible. El examinador explica las instrucciones de esta parte y realiza el ejemplo mostrado en la parte inferior de la imagen. A continuación, el participante realiza el ejemplo situado en la parte superior. Una vez comprendidas las instrucciones, el examinador presenta al participante la parte B del *Color Trail Test* y cronometra el tiempo empleado para su finalización.

Digit Span

Orden directo		A/E	P 2,1,0	Orden inverso		A/E	P 2,1,0
1	1-7			1	2-4		
	6-3				5-8		
2	5-8-2			2	6-2-9		
	6-9-4				4-1-5		
3	6-4-3-9			3	3-2-7-9		
	7-2-8-6				4-9-6-8		
4	4-2-7-3-1			4	1-5-2-8-6		
	7-5-8-3-6				6-1-8-4-3		
5	6-1-9-4-7-3			5	5-3-9-4-1-8		
	3-9-2-4-8-7				7-2-4-8-5-6		
6	5-9-1-7-4-2-8			6	8-1-2-9-3-6-5		
	4-1-7-9-3-8-6				4-7-3-9-1-2-8		
7	5-8-1-9-2-6-4-7			7	9-4-3-7-6-2-5-8		
	3-8-2-9-5-1-7-4				7-2-8-1-9-6-5-3		
8	2-7-5-8-6-2-5-8-4						
	7-1-3-9-4-2-5-6-8						
Puntuación orden directo Máximo=16				Puntuación orden inverso Máximo=14			

A: Acierto. E: Error. P: Puntuación

Puntuación
orden directo

+

Puntuación
orden inverso

=

Puntuación
total

Referencia

Wechsler, David. (2008). WAIS-IV : Wechsler adult intelligence scale. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

Spatial Span

Orden directo		A/E	P 2,1,0	Orden inverso		A/E	P 2,1,0
1	3-10			1	7-4		
	7-4				3-10		
2	1-9-3			2	8-2-7		
	8-2-7				1-9-3		
3	4-9-6-1			3	10-6-2-7		
	10-6-2-7				4-9-6-1		
4	6-5-1-4-8			4	5-7-9-8-2		
	5-7-9-8-2				6-5-1-4-8		
5	4-1-9-3-8-10			5	9-2-6-7-3-5		
	9-2-6-7-3-5				4-1-9-3-8-10		
6	10-1-6-4-8-5-7			6	2-6-3-8-2-10-1		
	2-6-3-8-2-10-1				10-1-6-4-8-5-7		
7	7-3-10-5-7-8-4-9			7	7-3-10-5-7-8-4-9		
	7-3-10-5-7-8-4-9				7-3-10-5-7-8-4-9		
8	5-8-4-10-7-3-1-9-6				8-2-6-1-10-3-7-4-9		
	8-2-6-1-10-3-7-4-9				5-8-4-10-7-3-1-9-6		
Puntuación orden directo Máximo=16				Puntuación orden inverso Máximo=16			

A: Acierto. E: Error. P: Puntuación

Puntuación
orden directo

+

Puntuación
orden inverso

=

Puntuación
total

Referencia

Wechsler, D. (2009). Wechsler Memory Scale-Fourth Edition (WMS-IV). San Antonio, TX, Pearson Assessment.

Anexo II.2. Motivación

La experiencia de usuario experimentada por los participantes del estudio se evaluó con cuatro subescalas del *Intrinsic Motivation Inventory*, tal y como se describe en la sección 2.2.2.2. El instrumento utilizado se proporciona a continuación.

Intrinsic Motivation Inventory

<i>Interés/Diversión</i>							
1. Me gusta mucho hacer esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
2. Esta actividad resulta divertida	1	2	3	4	5	6	7
3. Pienso que es una actividad aburrida*	1	2	3	4	5	6	7
4. Esta actividad no mantuvo mi atención en absoluto*	1	2	3	4	5	6	7
5. Describiría esta actividad como muy interesante	1	2	3	4	5	6	7
6. Pienso que esta actividad es muy agradable	1	2	3	4	5	6	7
7. Mientras hacía esta actividad pensaba en lo mucho que me divertía	1	2	3	4	5	6	7
<i>Puntuación media [1-7]</i>							

<i>Competencia percibida</i>							
1. Creo que soy bastante bueno en este juego	1	2	3	4	5	6	7
2. Creo que lo he hecho bastante bien en comparación con el resto de compañeros	1	2	3	4	5	6	7
3. Después de usarlo un rato, sentí que lo hacía bien	1	2	3	4	5	6	7
4. Estoy satisfecho con lo que he hecho	1	2	3	4	5	6	7
5. Soy bastante habilidoso en este juego	1	2	3	4	5	6	7
6. Esta es una actividad que no he podido hacer muy bien*	1	2	3	4	5	6	7
<i>Puntuación media [1-7]</i>							

<i>Presión/Tensión</i>							
1. No me he sentido nervioso en absoluto durante el juego*	1	2	3	4	5	6	7
2. Me he sentido muy tenso durante toda la actividad	1	2	3	4	5	6	7
3. He estado muy tranquilo durante esta actividad*	1	2	3	4	5	6	7
4. Me he sentido ansioso durante la actividad	1	2	3	4	5	6	7
5. Me sentí presionado durante la actividad	1	2	3	4	5	6	7
<i>Puntuación media [1-7]</i>							

<i>Utilidad/Valía</i>							
1. Creo que esta actividad podría ser valiosa para mi rehabilitación	1	2	3	4	5	6	7
2. Creo que esta actividad puede ser beneficiosa para mejorar mi mano	1	2	3	4	5	6	7
3. Creo que es importante realizarla porque puede ayudarme a mejorar mi mano	1	2	3	4	5	6	7
4. Estaría dispuesto a repetir esta actividad porque puede resultarme beneficiosa	1	2	3	4	5	6	7
5. Creo que este juego podría ayudarme a utilizar mi mano	1	2	3	4	5	6	7
6. Creo que realizar esta actividad será beneficiosa para mí	1	2	3	4	5	6	7
7. Creo que es una actividad importante	1	2	3	4	5	6	7
<i>Puntuación media [1-7]</i>							

1: totalmente falso. 7: totalmente verdadero. *Puntuación invertida.

Referencia

McAuley E, Duncan T, Tammen VV. Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. *Res Q Exerc Sport*. 1989;60(1):48–58.

Anexo II.3. Competitividad

La competitividad de los participantes del estudio se evaluó con la subescala de interés por la competición del Inventario de Competitividad, tal y como se describe en la sección 2.2.2.3. El instrumento utilizado se proporciona a continuación.

Inventario de Competitividad

<i>Interés/ Diversión por la competición [9-45]</i>					
1. Me gusta competir	1	2	3	4	5
2. Soy una persona competitiva	1	2	3	4	5
3. Disfruto compitiendo con otras personas	1	2	3	4	5
4. No me gusta competir con otras personas	1	2	3	4	5
5. Me siento bien cuando compito con otras personas	1	2	3	4	5
6. No me resulta agradable competir	1	2	3	4	5
7. Temo competir con otros	1	2	3	4	5
8. Evito competir con otras personas	1	2	3	4	5
9. Siempre trato de superar a los demás	1	2	3	4	5
<i>Asertividad [5-25]</i>					
10. Trato de evitar discusiones	1	2	3	4	5
11. Soy capaz de hacer cualquier cosa para evitar una discusión	1	2	3	4	5
12. Prefiero no hacer o decir nada antes de arriesgarme a hacerle daño o hacer sentir mal a alguien	1	2	3	4	5
13. No me gusta llevar la contraria a nadie aun cuando pienso que no tiene razón	1	2	3	4	5
14. En general, me dejo llevar y no soy una persona conflictiva	1	2	3	4	5
<i>Puntuación total [14-70]</i>					

1: totalmente falso. 5: totalmente verdadero.

Referencia

Houston, J. M., Harris, P., McIntire, S., & Francis, D. (2002). Revising the competitiveness index using factor analysis. *Psychological Reports*.

Anexo III. Resultados

Anexo III.1. Potenciales evocados

Los resultados grupales descritos en la sección 3.5 mostraron una estabilización de la amplitud de la componente P3 durante el estudio y una mejoría de la latencia de dicha componente, que no llegó a alcanzar la significación estadística. A continuación, se describen los resultados individuales de los participantes en los análisis neurofisiológicos.

Resultados individuales de la exploración neurofisiológica										
	Aciertos totales (%)		Aciertos totales sobre objetivo (%)		Tiempo de reacción (ms)		Amplitud P300 (μ V)		Latencia P300 (ms)	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	96.3	97.0	88.0	88.0	361.0	413.0	15.2	14.2	406	408
2	83.0	91.8	32.0	68.0	461.4	456.3	3.2	7.3	638	564
3	98.8	99.8	96.0	100.0	382.0	352.1	0.9	3.1	638	450
4	93.0	94.3	77.0	80.0	373.4	416.5	7.4	5.7	399	408
5	100.0	99.8	100.0	100.0	324.9	278.3	10.9	10.3	358	330
6	99.3	100.0	98.0	100.0	324.8	325.5	11.1	14.1	348	372
7	84.5	100.0	38.0	100.0	409.8	314.1	4.0	4.2	312	346
8	99.3	98.5	97.0	95.0	371.0	380.8	9.5	12.7	328	344
9	100.0	99.5	100.0	98.0	332.7	319.8	15.8	12.7	364	360
10	97.0	96.5	92.0	89.0	380.0	366.0	NI	NI	NI	NI
11	91.0	92.0	64.0	68.0	455.0	445.0	1.6	1.6	756	758
12	94.0	99.3	76.0	98.0	440.0	374.0	-19.3	-24.9	300	270
13	90.8	92.0	65.0	69.0	411.0	405.0	9.1	10.1	446	372
14	95.5	92.8	90.0	73.0	386.2	442.5	9.7	14.2	416	412
15	71.5	93.3	51.0	85.0	351.3	387.0	16.5	12.3	388	364
16	97.3	99.0	89.0	96.0	398.6	360.0	-5.9	-9.1	352	364
17	87.5	84.8	56.0	74.0	401.6	352.5	4.7	6.3	554	526

NI: no identificable

Anexo III.2. Morfología cerebral

Los resultados grupales correspondientes a la morfología cerebral se describen en la sección 3.6. El análisis realizado mostró diferencias significativas en ambos tálamos y una tendencia a la significación en el hipocampo derecho. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el volumen de sustancia gris ni de sustancia blanca, ni el resto de las áreas de interés analizadas.

A continuación, se describen los resultados individuales del volumen de sustancia gris y sustancia blanca, así como de cada una de las áreas de interés analizadas.

Cambios individuales en el volumen de sustancia gris y blanca						
	Sustancia gris (ml)		Sustancia blanca (ml)		Sustancia gris y blanca (ml)	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	582.94	602.66	460.61	449.10	1043.55	1051.76
2	442.76	456.29	630.20	620.07	1072.96	1076.36
3	516.40	513.26	636.12	647.59	1152.52	1160.85
4	535.53	518.58	563.53	591.61	1099.06	1110.19
5	528.65	528.26	566.31	556.53	1094.96	1084.79
6	543.79	537.65	628.52	638.70	1172.30	1176.34
7	549.96	560.49	719.71	718.95	1269.67	1279.44
8	481.11	467.68	544.17	558.17	1025.28	1025.85

Cambios individuales en el volumen de las estructuras límbicas

	Accumbens derecho		Accumbens izquierdo		Amígdala derecha		Amígdala izquierda		Hipocampo derecho		Hipocampo izquierdo	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	.31	.32	.12	.31	1.01	1.10	1.14	1.08	2.9	2.98	1.70	2.46
2	.19	.10	.32	.26	.76	1.20	.53	.63	3.14	3.49	2.86	2.71
3	.29	.28	.22	.24	1.7	1.35	.72	.76	3.55	3.45	2.96	3.17
4	.27	.32	.42	.29	1.2	1.34	1.09	.96	3.90	3.96	2.68	2.69
5	.22	.35	.21	.37	1.5	1.11	1.18	1.05	4.05	4.11	4.59	4.26
6	.26	.26	.36	.40	1.9	1.06	1.14	1.25	3.50	3.74	3.63	3.74
7	.33	.33	.30	.35	1.0	1.60	1.4	1.8	4.24	4.26	3.55	3.71
8	.19	.23	.9	.35	.99	1.8	.55	.83	3.4	3.81	3.8	3.55

Cambios individuales en el volumen del tálamo y ganglios basales

	Tálamo derecho		Tálamo izquierdo		Cuerpo estriado derecho		Cuerpo estriado izquierdo		Globo pálido derecho		Globo pálido izquierdo	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	5.84	5.90	4.35	4.41	8.47	8.14	5.04	5.10	1.75	1.66	1.43	1.39
2	6.23	6.37	6.56	6.56	7.63	7.80	7.23	7.38	1.30	1.29	1.63	1.56
3	7.15	7.51	6.99	7.19	10.16	10.27	9.39	11.49	1.32	1.62	1.11	1.17
4	6.91	7.19	6.82	6.99	7.57	8.09	7.77	7.81	1.51	1.61	1.50	1.58
5	6.63	6.48	7.16	7.07	8.46	8.44	7.77	8.09	1.29	1.75	1.81	1.91
6	7.40	7.41	7.45	7.67	8.62	8.64	8.25	8.41	1.97	1.77	1.79	1.82
7	6.31	6.73	7.96	8.27	7.89	8.10	10.13	10.44	1.51	1.34	2.22	2.08
8	6.85	7.19	6.63	6.68	6.69	7.75	7.07	7.17	1.43	1.48	1.52	1.53

Méritos

Méritos

A continuación, se enumeran las publicaciones científicas directamente relacionadas con este trabajo.

Revistas

- Navarro MD, Llorens R, Borrego A, Alcañiz M, Noé E, Ferri J. Competition Enhances the Effectiveness and Motivation of Attention Rehabilitation After Stroke. A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2020 Sep 30; 14:575403. doi: 10.3389/fnhum.2020.575403.

Libros

- Navarro MD, O'Valle M, Ferri J. *Guía de Intervención neuropsicológica en los trastornos atencionales*. Editorial Síntesis, Madrid. 2021 (*In press*).

Congresos internacionales

- Navarro MD, O’Valle M., García-Blazquez C, Amorós D, Villarino P, Ferri J, Llorens R. Effect of competition on attention rehabilitation and motivation after stroke. *11th World Congress of NeuroRehabilitation. Paris, 7-11 Octubre 2020.*
- Navarro MD, O’Valle M, Amorós D, Galvao A, García-Blazquez C, Villarino P, Ferri J. Effectiveness of a rehabilitation system on attentional functions through multiplay competitive tasks. Clinical and neuropsychological study in patients with Acquired Brain Injury. *16th Conferencia of the NR-SIG-WFNR y 15th Congreso de la Sociedad Andaluza de Neuropsicología.* Granada, 27-28 junio 2019.
- Llorens R, Navarro MD, Noé E, Alcañiz M. Competition improves attention and motivation after stroke. *Proc. 11th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT).* Los Ángeles, California, USA, 20-22 Sept. 2016. ISBN 978-0-7049-1547-3
- Mesa-Gresa, P, Llorens R, Alcañiz M, Navarro MD, Ferri J. SMARTLAMP: A collaborative virtual game for attentional rehabilitation of patients with acquired brain injury. *International Symposium on Learning, Memory and Cognitive Function.* Valencia, 1-2 diciembre 2011.

Congresos nacionales

- Navarro MD, Llorens R, Galvao A, Moliner B, Colomer C, Rodríguez C, Ugart P, García-Blazquez C, Amorós D, O’Valle M., Ferri J, Noé, E. Eficacia de una intervención terapéutica competitiva sobre las funciones atencionales de pacientes con daño cerebral adquirido: ensayo clínico aleatorizado cruzado. *XV Jornadas de la Sociedad Española de Neurorehabilitación (SENOR).* Valencia, 21 noviembre 2017

- Navarro MD, Llorens R, Galvao A, Moliner B, Colomer C, Rodríguez C, Ugart P, García-Blazquez C, Amorós D, O'Valle M, Ferri J, Noé E. Eficacia de un sistema de rehabilitación de las funciones atencionales mediante tareas competitivas multijugador: Ensayo clínico aleatorizado cruzado en pacientes con daño cerebral adquirido. *XXXIII Reunión anual de la Sociedad Valenciana de Neurología*. Valencia, 19-20 febrero 2016 *Rev Neurol* 2016; 63 (2):87