



“TRABAJO FIN DE GRADO. GRADO EN FISIOTERAPIA”

“Influencia del ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes con daño cerebral adquirido”

“Influencia do exercicio físico sobre a función cognitiva en pacientes con dano cerebral adquirido”

“Influence of exercise on cognitive function in patients with acquired brain injury”

Alumno: José Antonio Solla Pereira. 53195336-Q

Tutora: Alicia Martínez Rodríguez

Convocatoria: Junio 2015

RESUMEN:

Objetivo: Determinar los beneficios del ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes con daño cerebral adquirido.

Material y Métodos: Revisión de la influencia del ejercicio físico sobre las funciones cognitivas en personas mayores de 18 años con daño cerebral adquirido. La búsqueda se efectuó en las bases de datos PubMed, Scopus y la Biblioteca Cochrane, seleccionando estudios publicados entre el año 2005 y la actualidad (2015) en lengua española, inglesa, francesa o portuguesa.

Resultados: Se seleccionaron 9 estudios, la mayoría de baja calidad y con pocos sujetos de estudio. La población mayoritaria es de mediana/tercera edad, pacientes con daño cerebral adquirido. El tipo de ejercicio físico empleado es el aeróbico de forma aislada o en combinación con otro tipo de ejercicios tanto de fuerza-resistencia, como de estiramientos y corte recreacional. Las funciones cognitivas evaluadas son muy diversas, al igual que las escalas de medida, aunque se obtienen resultados positivos en 8 de 9 estudios en áreas como atención, concentración, orientación y memoria.

Conclusión/ Discusión: No existe suficiente evidencia para afirmar que el ejercicio físico mejora la función cognitiva de sujetos con daño cerebral adquirido ni qué modalidad es más efectiva aunque se observa una tendencia positiva del ejercicio aeróbico en exclusiva o combinado con otros tipos de ejercicio.

PALABRAS CLAVE:

Exercise, executive function, Brain Injuries

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	4
DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO	5
Traumatismo Craneoencefálico	5
Definición.....	5
Epidemiología	6
Etiología.....	8
Clasificación anatomoclínica de las lesiones	8
Accidente Cerebro Vascular	9
Definición.....	9
Epidemiología	10
Etiología.....	10
EJERCICIO FÍSICO	11
FUNCIÓN COGNITIVA	14
OBJETIVOS.....	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
1.Tipo de estudio	15
2.Bases de datos empleadas y palabras clave	16
3. Criterios de inclusión	16
4. Criterios de exclusión	16
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	17
CALIDAD DE LOS ESTUDIOS.....	18
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El cerebro humano sano es capaz de llevar a cabo tareas mentales complejas que se basan en procesos como la percepción, la atención, las funciones ejecutivas, la memoria y el lenguaje. Cuando el cerebro humano está afectado, estos procesos cognitivos pueden verse alterados.¹

En el ictus, los problemas cognitivos llegan a afectar a dos tercios de los supervivientes y contribuyen en gran medida a la discapacidad asociada.¹ En el caso del traumatismo craneoencefálico se puede ver alterada la memoria espacial y el aprendizaje. Así mismo, pueden aparecer problemas cognitivos como problemas en la orientación, atención, funciones ejecutivas y la resolución de problemas. Estos son déficits importantes y duraderos que afectan a la recuperación de la función motora y la realización de las actividades de la vida diaria.²

La justificación de este trabajo reside en tres motivos principales:

el primero, referido a la incidencia que se ha realizado, a lo largo de nuestro aprendizaje, en la investigación existente acerca del beneficio del ejercicio físico en la salud física y mental;

el segundo concerniente a la vinculación del ejercicio físico a la fisioterapia, siendo uno de los pilares terapéuticos en los que se sustenta.

el tercero relativo al aspecto cognitivo que tanta importancia tiene sobre la consideración de la persona como ser biopsicosocial y que tiene gran repercusión sobre los objetivos, los recursos y las metas que pueden alcanzar las personas tanto de modo global como en términos del propio programa de fisioterapia.

Todo ello ha contribuido suscitar curiosidad acerca de si los sujetos con daño cerebral adquirido también podrían beneficiarse de la acción del ejercicio físico sobre la función cognitiva. Así pues, este ha sido el motor del presente trabajo.

DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO

El término 'daño cerebral adquirido' (DCA) se refiere a una lesión del cerebro que hasta el momento había tenido un desarrollo normal. Independientemente de su causa podremos encontrar: traumatismo craneoencefálico, accidentes cerebrovasculares isquémicos o hemorrágicos, tumores cerebrales, anoxia e hipoxia, encefalitis de diversa etiología, etc.³

El DCA tiene como consecuencia fundamental la pérdida de funciones cerebrales previamente desarrolladas que implican al sistema motor y sensorial, el funcionamiento cognitivo, las habilidades comunicativas y la capacidad para regular la conducta y las emociones. Así, una característica frecuente en los pacientes con DCA es la pérdida de la independencia funcional en relación con el estado premórbido, derivando en una situación de discapacidad, con la consiguiente sobrecarga de su entorno más próximo, habitualmente, el sistema familiar. En el caso del DCA infantil, la discapacidad resultante puede manifestarse años después de la lesión.²

La riqueza de esta fenomenología puede describirse de acuerdo con los modelos actuales de salud y bienestar, como el de funcionamiento, discapacidad y salud de la Organización Mundial de la Salud, que no sólo hace referencia a la presencia o ausencia de una patología, sino a las consecuencias de ésta sobre el nivel de funcionamiento del paciente, en relación consigo mismo, su entorno y su posición en la sociedad. Por ello, el impacto del DCA debe analizarse de acuerdo con cuatro niveles: patología, déficit, actividad (antes denominado discapacidad) y participación (antes minusvalía).³

Las causas del daño cerebral adquirido son múltiples, encontrándose entre las más frecuentes las siguientes: el traumatismo craneoencefálico y el ictus, tanto isquémico como hemorrágico.

1. Traumatismo craneoencefálico

Definición:

El National Head Injury Foundation (NHIF, 1989), en EEUU, lo define como: "Una lesión en el cerebro, causada por una fuerza externa, que puede producir una disminución o alteración de la conciencia y ocasionar una alteración de las capacidades cognitivas y del funcionamiento físico".⁴

Epidemiología

Los datos de la incidencia anual del TCE, en EEUU, es de 200 lesiones cerebrales cada 100.000 habitantes.⁴ Estos son responsables de 9 a 30 muertes por cada 100.000 habitantes en los países desarrollados y del 15% de los fallecimientos de personas de edades comprendidas entre los 15 y los 24 años.⁵ Sin embargo, la tasa de incidencia no refleja con precisión el número de casos, ya que sólo entre el 50% y el 80% de los casos de TCE son hospitalizados. Los TCE leves no requieren de hospitalización y, por tanto, no se incluyen en la mayoría de los registros y/o estudios. El mayor riesgo de sufrir un TCE se produce entre los 15 y 24 años, en hombres, y entre los 15 y los 19 años, en mujeres. Los hombres, además de ser más propensos que las mujeres a sufrir un TCE, tienen, también, cuatro veces más de probabilidad de morir al recibir una lesión cerebral.⁴ Lejos de disminuir la tasa anual de TCE en nuestro entorno permanece estable o aumenta. Se calcula que en la Unión Europea acontecen cada año un millón de nuevos casos.⁵

El traumatismo craneoencefálico constituye el mayor problema de salud y socioeconómico en todo el mundo. En países desarrollados es una de las causas más importantes en cuanto a la mortalidad y la discapacidad de individuos y la incidencia global del TCE está creciendo bruscamente, fundamentalmente, debido al incremento del uso de vehículos de motor usados en los países poco desarrollados.⁶

La Organización Mundial de la Salud predice que, en 2012, los accidentes de tráfico serán la tercera gran causa a nivel mundial de enfermedades y lesiones. En los países más desarrollados, la legislación para la seguridad vial y la prevención ha reducido la incidencia del TCE debido a accidentes de tráfico, mientras que la incidencia del TCE causada por caídas está en aumento en la población mayor, destacando un aumento del TCE en las personas de mediana edad (Tabla 1)⁶ Esto incide en el tipo de daño cerebral que actualmente se produce siendo las contusiones (caídas en gente mayor) más frecuentes que las lesiones difusas (en jóvenes por alta velocidad en accidentes de tráfico).⁶

Tabla 1. Incremento de la edad en los estudios de TCE.

	Year of study	n	Median age (years)	Proportion aged >50 years
Traumatic Coma Data Bank	1984/1987	746	25	15%
UK four centre study	1986/1988	988	29	27%
European Brain Injury Consortium Core Data Survey	1995	847	38	33%
Rotterdam cohort study	1999/2003	774	42	39%
Austrian Severe TBI study	2004	415	48	45%

Tras un TCE con repercusión cerebral la tasa de aparición de determinadas secuelas psicológicas se incrementa de manera muy significativa. Por ejemplo, las demencias se producen de 4 a 5 veces más que en las personas sin TCE.⁵

El porcentaje de incapacidades resultante de estas cifras es difícil de estimar, ya que depende de la gravedad del traumatismo, y no hay suficientes estudios a largo plazo para establecer cifras exactas. No obstante, se ha citado como orientación aproximada que, cada año, alrededor de 33 habitantes por cada 100.000 quedarán con algún grado de incapacidad tras sufrir un traumatismo craneal moderado o grave. Si a estas cifras añadimos que aproximadamente que el 18% de los TCE leves (que son los más frecuentes: 80% del total), generan algún tipo de incapacidad, la tasa de nuevas incapacidades por TCE se situaría en torno a 45/100.000 habitante/año.⁵ La mayoría de los hombres y mujeres que sufren TCE son jóvenes, lo que supone que tengan por delante muchos años de minusvalía.⁵

Las nuevas investigaciones han supuesto un avance en el conocimiento de qué sucede en el cerebro tras un TCE, lo que suministra oportunidades para limitar los procesos relacionados con el daño cerebral secundario. Sin embargo, trasladar estos avances desde las investigaciones hasta el ámbito clínico es muy complejo.⁶

Etiología.

Entre las causas más comunes de los traumatismos craneoencefálicos podemos encontrar⁵:

- Accidentes de tráfico. Causan casi la mitad de los TCE (45%), son responsables del 60% de los TCE fatales, del 37% de los graves y del 24% de los leves que requieren hospitalización. Entre los elementos causales más importantes involucrados en estos sucesos se encuentran el exceso de velocidad y el elevado consumo de alcohol.
- Caídas. Suelen causar traumatismos craneales leves en alrededor del 34,6% de los casos; graves, en el 18%, y fatales en el 14%. Algunas lesiones, como los hematomas subdurales o las contusiones pueden ser más frecuentes en este tipo de sucesos y, su análisis detallado, reviste gran importancia en el diagnóstico diferencial entre caída casual o provocada.
- Agresiones. Son menos comunes que las anteriores aunque no menos importantes. El patrón lesional más frecuente en estos casos incluye la contusión facial o la fractura de los huesos de la cara, observándose conmoción cerebral en el 2,6% de los sujetos. Más de la mitad de las lesiones se produjeron tras puñetazos o patadas y, en menor medida, mediante algún tipo de arma u objeto.
- Maltrato infantil. La patogenia puede corresponderse a violentos mecanismos de aceleración y desaceleración, por lo que puede verse hematomas subdurales bilaterales por la rotura de las venas puente.

Clasificación anatomoclínica de las lesiones.

La complejidad existente a la hora de comprender el SNC dificulta la clasificación de las lesiones cerebrales, si bien, pueden dividirse de forma general en dos grupos: focales y difusas.⁵

Las lesiones focales son aquellas que afectan a una región concreta del encéfalo, de manera más o menos extensa, pero sin lesionar su totalidad, aunque puedan tener una presencia multitolopográfica.⁵

A su vez, pueden dividirse en dos categorías:⁵

1. Extraxiales. Se dan fuera del tejido nervioso. Es decir, fuera del parénquima, como por ejemplo el hematoma epidural y subdural (Tabla 2)
2. Intraaxiales. Se dan en el seno del parénquima encefálico, al que afectan dilacerándolo o destruyéndolo. Ejemplos son las contusiones cerebrales y las hemorragias o los hematomas intraparenquimatosos.

Las lesiones difusas son las que, de una manera más o menos general, afectan al encéfalo en su conjunto. No tienen por qué implicar la totalidad del parénquima, pero, al contrario que las lesiones focales, presentan límites imprecisos y obran muchas veces a nivel más microscópico que macroscópico. Ejemplos serían el daño axonal difuso y las lesiones producidas por la hipoxia (encefalopatía hipóxica).⁵

En el caso de los traumatismos craneales, las lesiones difusas son, por definición, intraaxiales.⁵

Tabla 2. Clasificación anatomoclínica de las lesiones tras traumatismo craneoencefálico.

Tipo de lesión	Ejemplo
Focales Intraaxiales	Contusión cerebral, hematoma intraparenquimatoso
Extraaxiales	Hematomas epidural y subdural
Difusas extraaxiales	Edema, daño axonal difuso

2. Accidente Cerebro Vascular

Definición.

Un ictus es una anomalía focal de la función cerebral provocada por la obstrucción del flujo sanguíneo o por oclusión de una arteria (ictus isquémico) o por hemorragia derivada de la rotura de un vaso sanguíneo (ictus hemorrágico). De estos eventos, del 80 al 85% son isquémicos y del 15 al 20% son hemorrágicos.⁷

Epidemiología.

El ictus representa la enfermedad neurológica “grave” más común, tercera causa de muerte en Estados Unidos, y la razón más frecuente de discapacidad neurológica en adultos. En dicho país ocurren más de 700.000 ictus, más de un evento por minuto, además de que otros muchos ictus pequeños, quizás tantos como 11 millones anuales, pueden ser asintomáticos, si bien sus efectos pueden provocar demencia vascular y deterioro mental crónico.⁷

En España se dan 170 casos por 100.000 habitantes, mientras que en Europa se dan 190 casos por 100.000 habitantes. La incidencia es mayor en los hombres que en las mujeres, en todos los segmentos de edad y aumenta exponencialmente con la edad.⁸

En general aproximadamente el 10% de los ictus son fatales. Por otra parte, la mayoría de los supervivientes presenta cierto grado de invalidez y hasta un tercio de los afectados presenta demencia en el transcurso de primer año posterior al ictus. En numerosos estudios se ha demostrado que las terapias de rehabilitación mejoran los resultados, y deben iniciarse muy pronto, tanto para prevenir complicaciones como la neumonía por aspiración o las contracturas musculares, como para optimizar la recuperación funcional. El riesgo de ictus recurrente es muy alto en los supervivientes durante los dos o tres años posteriores al ictus inicial. Sin embargo, en los estudios de largo plazo se ha demostrado que la causa principal de muerte en estos pacientes, con frecuencia, es cardíaca. Por lo tanto, es esencial prevenir tanto el ictus como las enfermedades vasculares.⁷

Etiología

Establecer la probable etiología de un ictus es básico para el correcto tratamiento del paciente que lo sufre. De un modo general definimos 2 tipos de ictus: isquémico y hemorrágico. Sólo el estudio de neuroimagen en el momento agudo puede diferenciar ambos de forma eficaz.⁷

En cuanto al ictus isquémico, distinguimos fisiopatológicamente 3 tipos. La clasificación del ictus isquémico según estos mecanismos patológicos tiene suma importancia por la implicación terapéutica posterior.⁷

- *Aterotrombótico*. Patología de grandes arterias, habitualmente extracraneales, (carótida interna, vertebrales, cayado aórtico,...) como fuente de émbolos arteria-arteria o provocando un compromiso hemodinámico a distancia.
- *Lacunar*. Patología de pequeño vaso intracraneal, con formas clínicas de presentación estereotipadas y bien definidas (hemiparesia pura, disartria-mano torpe,...). Normalmente se presentan en pacientes hipertensos.
- *Cardioembolia*. Cuando el paciente presenta patología cardiaca embolígena (fibrilación auricular, valvulopatías, IAM reciente,...) y excluimos patología ateromatosa carotídea severa (estenosis >50%).

En segundo lugar encontramos los ictus hemorrágicos. De forma espontánea se producen la hemorragia parenquimatosa y la subaracnoidea. La hemorragia subdural y la epidural suelen tener un origen traumático.

- *Hemorragia parenquimatosa*. La localización en ganglios basales suele tener un origen hipertensivo. La localización lobar, sobre todo si se trata de pacientes jóvenes y sin HTA, nos obliga a pensar en malformaciones vasculares subyacentes.
- *Hemorragia subaracnoidea*. Debe investigarse la presencia de aneurismas en arterias del polígono de Willis.

EJERCICIO FÍSICO

Se entiende como ejercicio físico a la actividad física planificada, estructurada repetitiva e intencionada con el objetivo de mejorar o mantener uno o más de los componentes de la condición física.⁹ Existen multitud de formas de clasificar el tipo de ejercicio físico. Sin embargo, vamos a centrarnos en dos de ellas.

La primera es según se emplee o no el oxígeno para la síntesis de energía. Así, podremos dividir el ejercicio en:¹⁰

- **Aeróbico**: El ejercicio aeróbico es aquel que se realiza a media o baja intensidad y, casi siempre de larga duración. Para ello, es necesaria la presencia de un sistema cardiovascular capaz de ofertar una gran cantidad de sangre a los tejidos activos durante un período prolongado y de un sistema muscular capaz de utilizar el oxígeno para la síntesis aeróbica de adenosintrifosfato (ATP).

La intensidad del ejercicio es el factor de mayor importancia en el ejercicio aeróbico.

Sin lugar a dudas, la supervisión de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio representa el método más práctico para evaluar el nivel de exigencia. No es necesaria la realización de un ejercicio extenuante. Una frecuencia cardíaca equivalente al 70% de la FC máx. refleja un ejercicio de intensidad moderada que puede continuar durante un período prolongado sin que aparezcan trastornos fisiológicos. Este nivel de entrenamiento se describe mediante el término ejercicio conversacional (suficientemente intenso para inducir un efecto positivo y no tan intenso para impedir que una persona converse durante la actividad física)

- **Anaeróbico.** Lo forman los ejercicios que se realizan a alta intensidad y poca duración. Un esfuerzo máximo explosivo requiere una transferencia de energía inmediata. Este tipo de esfuerzos se denominan anaeróbicos y en actividades físicas de hasta 90 segundos de duración predominan las transferencia de energía anaeróbicas. El entrenamiento para actividades físicas anaeróbicas debe ser de intensidad y duración suficientes para causar una sobrecarga del sistema de transferencia glucolítico.

La segunda clasificación es según la capacidad física predominante:¹⁰

- **Fuerza.** La fuerza es la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o contraerse. Los factores biológicos, los factores mecánicos, los aspectos neuromusculares o el comportamiento hormonal son alguno de los factores que determinan esta capacidad física. Las manifestaciones más importantes de la fuerza son la fuerza máxima, la fuerza veloz o la fuerza-resistencia.
- **Resistencia.** Es la capacidad física de mantener un determinado tipo de esfuerzo eficaz el mayor tiempo posible. Los factores que determinan esta resistencia son los diferentes factores fisiológicos (consumo de O₂, termorregulación, reservas de energía...), factores biomecánicos, consumo de O₂ y VO_{2 máx.} y el umbral anaeróbico.
- **Velocidad.** Es la capacidad de un sujeto para realizar acciones motoras en un mínimo de tiempo y con el máximo de eficacia. Está condicionada por la fuerza y por la resistencia (excepto la velocidad de reacción)

- **Equilibrio.** Es la capacidad de controlar adecuadamente el cuerpo para mantener y recuperar la postura. Para mantener el equilibrio debemos realizar respuestas que anticipen los movimientos voluntarios o que respondan ante fuerzas perturbadoras. Dichas respuestas deben ser adaptativas y, aunque son mecanismos innatos, es posible modificarlos de manera considerable con el aprendizaje. Esta es determinada por factores neurofisiológicos, biomecánicos y psicológicos.
- **Coordinación.** Es la capacidad para resolver rápida y adecuadamente las tareas motoras. Los movimientos coordinados comprenden una secuencia y sincronización correctas de la actividad muscular, y requieren estabilidad proximal y mantenimiento de una postura.
- **Flexibilidad.** Es el máximo grado de amplitud permitido por una articulación en función de su estructura. Está limitado por el aparato de conjunción y por la tensión de los músculos antagonistas. Las manifestaciones de la flexibilidad son la flexibilidad activa y la flexibilidad pasiva.

En lo relativo a la salud física, existe numerosa bibliografía acerca del beneficio del ejercicio sobre el daño cerebral adquirido. La *American Heart Association Scientific Statement* promueve la realización de ejercicio aeróbico y del entrenamiento de fuerza al menos 2-3 veces por semana, a alta intensidad y con participación de grandes grupos musculares, para personas que han sufrido ictus. En la tabla 3 se muestran dichas recomendaciones¹¹

Tabla 3. Recomendaciones de ejercicio aeróbico y entrenamiento de fuerza tras un ictus.¹¹

Tipo de ejercicio	Intensidad	Frecuencia	Duración
Aerobic training.	- 40%-70% VO ₂ máx		
Actividad de grandes grupos musculares, como caminar, tapiz rodante o cicloergómetro.	- 50%-80% FCmáx - Tasa por ejercicio 11-14	3-7 días/semana	20-60 min/ sesión o varias sesiones de 10 min
Entrenamiento de fuerza: Máquinas de peso, circuito, peso libre o isométricos.	- 1 a 3 series de 10 a 15 repeticiones. - 8-10 ejercicios que impliquen un mayor número de grupos musculares	2-3 días/semana	

FUNCIÓN COGNITIVA

Las funciones cognitivas son los procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea. Hacen posible que el sujeto tenga un papel activo en los procesos de recepción, selección, transformación, almacenamiento, elaboración y recuperación de la información, lo que le permite desenvolverse en el mundo que le rodea. Entre las funciones cognitivas se encuentran la orientación, las gnosias, atención, funciones ejecutivas, praxias, lenguaje, memoria, cognición social y las habilidades visoespaciales.¹³

- **Funciones ejecutivas.** Son habilidades cognitivas propias de la corteza prefrontal (CPF) que permiten establecer metas, diseñar planes, seguir secuencias, seleccionar conductas apropiadas e iniciar las actividades, así como también autorregular el comportamiento, monitorizar las tareas, seleccionar los comportamientos, y tener flexibilidad en el trabajo cognoscitivo y la organización de la tarea propuesta en el tiempo y en el espacio.¹⁴
- **Gnosias.** Proceso de conocimiento a partir de las impresiones suministradas por los órganos sensoriales. Implica percepción, reconocimiento y denominación de los estímulos provenientes de un objeto. Encontramos gnosias visuales, auditivas, táctiles, olfativas, gustativas y el esquema corporal.¹⁵
- **Praxias.** Habilidad para realizar programas motores voluntariamente y, normalmente, aprendidos.¹⁵
- **Habilidades visoespaciales.** Son habilidades que nos permiten detectar, diferenciar y seleccionar determinados estímulos visuales entre sí.¹⁵

OBJETIVOS

Las alteraciones cognitivas en adultos que sufren daño cerebral adquirido son muy frecuentes. Por ello, el objetivo general de este trabajo es determinar, a través de la revisión de la literatura científica, si el ejercicio físico incide de forma positiva sobre la función cognitiva (atención selectiva, memoria a corto plazo, atención, funciones ejecutivas...) de dichos sujetos. Como objetivo secundario, caracterizar el tipo de ejercicio que es más beneficioso y conveniente para las personas que sufren o han sufrido de daño cerebral adquirido.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Tipo de estudio

Revisar según el diccionario de la Real Academia es ver con atención y cuidado o someter algo a nuevo examen para corregirlo, enmendarlo o repararlo (RAE, 2012). Este concepto general se puede aplicar con matices al artículo de revisión. El artículo de revisión es considerado como un estudio detallado, selectivo y crítico que integra la información esencial en una perspectiva unitaria y de conjunto. Un artículo de revisión no es una publicación original y su finalidad es examinar la bibliografía publicada y situarla en cierta perspectiva. La revisión se puede reconocer como un estudio en sí mismo, en el cual el revisor tiene un interrogante, recoge datos (en la forma de artículos previos), los analiza y extrae una conclusión. La diferencia fundamental entre una revisión y un trabajo original o estudio primario, es la unidad de análisis, no los principios científicos que se aplican. El objetivo fundamental del artículo de revisión intenta identificar qué se conoce del tema, qué se ha investigado y qué aspectos permanecen desconocidos.¹⁶

Una revisión sistemática es un artículo de investigación, sobre una pregunta concreta, que identifica estudios relevantes, valorando su calidad y sintetizando sus resultados utilizando una metodología científica. Su singular valor y utilidad está en reunir un número de estudios, realizados de manera independiente, a veces con resultados opuestos y sintetizar sus resultados.¹⁷

David Sackett hace una distinción entre revisión sistemática, revisión y metaanálisis. Así, define como revisión al término general para todo intento que sintetice los resultados y las conclusiones de dos o más publicaciones relacionadas con un tema dado. Por su lado, adquiere la calificación de “sistemática” cuando la revisión se esfuerza en la identificación exhaustiva, a través de toda la literatura de un tema dado, valorando su calidad y sintetizando sus resultados. Por último, la metaanálisis es cuando una revisión sistemática incorpora una estrategia estadística específica para reunir los resultados de varios estudios en una sola estimación.¹⁷

Dado que la pretensión de este trabajo es la realización de una revisión lo más sistematizada y objetivada posible, pero realizada con los medios al alcance de un estudiante, se ha caracterizado como estudio de revisión.

2. Bases de datos empleadas y palabras clave.

Entre los meses de Abril y Mayo de 2015 se lleva a cabo una revisión de literatura científica en diferentes bases de datos. PubMed, SCOPUS y Biblioteca Cochrane fueron las bases de datos elegidas. Las palabras clave empleadas fueron las siguientes: exercise, training fitness, physical activity, aerobic, processing speed, cognition, neuropsychological, cognitive, memory, executive functions, dual task, attention, neurogenesis, brain injury, CVA, stroke, brain tumor, ictus.

3. Criterios de inclusión.

- Estudios que valoren la influencia del ejercicio físico sobre las funciones cognitivas en seres humanos mayores de 18 años con daño cerebral adquirido.
- Estudios publicados en lengua española, inglesa, francesa o portuguesa entre el año 2008 y 2015.

4. Criterios de exclusión.

- Estudios sobre personas con patología neurológica previa.
- Estudios que no aporten resumen o que no permiten la obtención directa.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.

PubMed

Tabla 4. Palabras clave empleadas en la búsqueda en PubMed.

Ejercicio	Función Cognitiva	Daño Cerebral Adquirido
Exercise	Cognitive	Brain Injury
Training program	Processing speed	Stroke
Physical activity	Cognition	CVA
Aerobic	Neuropsychological	Ictus
	Memory	Brain Tumor
	Executive Functions	
	Dual task	
	Attention	
	Neurogenesis	

- *Ejercicio*: Exercise, training program, fitness, physical activity, aerobic.
- *Función cognitiva*: Cognitive, processing speed, cognition, neuropsychological, memory, executive functions, dual task, attention, neurogenesis
- *Daño cerebral adquirido*: Brain injury, stroke, CVA, Ictus, brain tumor.

((exercise[tiab] OR "training program"[tiab] OR fitness[tiab]) OR "physical activity"[tiab] OR aerobic[tiab])) AND (cogniti*[tiab] OR "processing speed"[tiab] OR "neuropsychological test"[tiab] OR "neuropsychological assessment"[tiab] OR "neuropsychological performance"[tiab] OR memory[tiab] OR "executive functions"[tiab] OR "dual task"[tiab] OR attention[tiab] OR "cognitive rehabilitation"[tiab] OR neurogenesis[tiab])) AND (TBI[tiab] OR "brain injur*" [tiab] OR CVA[tiab] OR stroke[tiab] OR "brain tumor"[tiab] OR ictus[tiab])

Scopus:

"exercise" AND stroke OR TBI OR "acquired brain injury" AND cognition OR "executive functions"

Biblioteca Cochrane:

"exercise" AND stroke OR TBI OR "acquired brain injury" AND cognition OR "executive functions"

CALIDAD DE LOS ESTUDIOS

La calidad de los estudios se evaluará de acuerdo a la escala OCEBM (Tabla 5). Esta propuesta se caracteriza por valorar la evidencia según el área temática o escenario clínico y el tipo de estudio que involucra al problema clínico en cuestión. Esta, tiene la ventaja de que gradúa la evidencia de acuerdo al mejor diseño para cada escenario clínico, otorgándole intencionalidad.¹⁴(18)

Tabla 5. Grados de evidencia.¹⁵(19)

Nivel de evidencia	Tipo de estudio
1a	Revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados, con homogeneidad.
1b	Ensayo clínico aleatorizado con intervalo de confianza estrecho.
1c	Práctica clínica (“todos o ninguno”)
2a	Revisión sistemática de estudios de cohortes, con homogeneidad.
2b	Estudio de cohortes o ensayo clínico aleatorizado de baja calidad
2c	Outcomes research (***), estudios ecológicos.
3a	Revisión sistemática de estudios de casos y controles, con homogeneidad.
3b	Estudio de casos y controles.
4	Serie de casos o estudios de cohortes y de casos y controles de baja calidad
5	Opinión de expertos sin valoración crítica explícita, o basados en la fisiología, bench research o first principles

RESULTADOS

Con los criterios de búsqueda especificados se encontraron en PubMed 459 artículos, de los cuales 46 se seleccionaron en base a su título y resumen. Que cumplieran los criterios de inclusión, fueron un total de 7. En Scopus se encontraron inicialmente 316 artículos, de los que 3 se seleccionaron por título y resumen, cumpliendo finalmente 2 los criterios de inclusión (además de al que no se ha podido tener acceso por vía directa y, por tanto, fue desechado por ser un criterio de exclusión) No se encontró ningún artículo que cumpliera con los criterios de inclusión en la Biblioteca Cochrane.

En total, se contó con 9 artículos, cuyas características generales se muestran en la tabla 6. Se puede observar que se alcanza como máximo el nivel 1b^{26,27}, y sólo en dos

estudios, siendo la mayoría del nivel 4^{21,23,24,25} y contando con muy pocos sujetos (menos de 45 en todos ellos). Todos los estudios, menos uno²¹, se dirigieron a población adulta en la mediana-tercera edad y muestran una gran diversidad, tanto en los test neuropsicológicos empleados para evaluar la función cognitiva, como en los protocolos de las intervenciones. Sin embargo, y aún siendo protocolos muy variados, varios autores coinciden entre sí en el planteamiento general del tipo de ejercicio.

En la tabla 7 se recoge la descripción del tipo daño cerebral al que se dirige el estudio, se detalla la intervención realizada y los resultados. De los 9 estudios seleccionados, 8 fueron realizados en sujetos con ACV (isquémico y hemorrágico)^{20,21,22,23,24,26,27,28} y 1 de ellos en sujetos con traumatismo craneoencefálico²⁵. En cuanto a la intervención realizada, todos incorporan un programa de ejercicios aeróbico de forma aislada o incorporando otras actividades, por lo que pasan a describirse a continuación especificando los resultados obtenidos.

En primer lugar, en los estudios de Chin L. et al.²⁵ (2015) y El-Tamawy et al.²⁸(2012) y El-Tamawy et al.²⁰ (2014) se opta por el ejercicio aeróbico para indagar la influencia del ejercicio físico sobre la función cognitiva en sujetos con daño cerebral adquirido. Chin et al.²⁵ (2015) realiza, en su estudio, un programa de ejercicio aeróbico vigoroso. El objetivo de este estudio es examinar la función cognitiva en individuos con TCE antes y después de la participación en un programa de entrenamiento aeróbico.

Tras el ejercicio se observaron mejoras en la función cognitiva, obteniendo, los sujetos, mejores puntuaciones en el The Trail Making Test Part A, empleada para evaluar la velocidad de procesamiento y la flexibilidad cognitiva, y en el RBANS, encargada de evaluar la atención, el lenguaje, la habilidad visoespacial, la memoria inmediata y la memoria diferida. La magnitud de la mejora cognitiva estuvo fuertemente relacionada con el ejercicio cardiorrespiratorio.

Tabla 6. Características de los estudios

REFERENCIA	TIPO DE ESTUDIO	POBLACIÓN	CALIDAD DEL ESTUDIO	ESCALAS	FUNCIÓN COGNITIVA QUE VALORA	TIPO DE EJERCICIO
El-Tamawy M. et al. ²⁰ 2014.	Casos y controles	30 sujetos. 48.4 ± 6.39 años	3b	ACER	Atención, lenguaje, memoria, orientación y concentración.	Aeróbico
Rand D., et al. ²¹ 2010	Estudio Quasi-experimental	11 sujetos. Entre 67 ±10,8 años	4	FIM, The Verbal Digit Span Backward Test, WWT, TMTP (B)	Funciones ejecutivas y memoria y flexibilidad cognitiva.	Aeróbico y Fuerza-Resistencia
Ploughman M., et al. ²² 2008	Ensayo clínico aleatorizado cruzado	21 sujetos. Entre 61,4 ± 10,2 años	2b	TMTP (A,B), SDT	Velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva, atención y concentración.	Aeróbico
Marzolini S., et al. ²³ 2012	Estudio Quasi-experimental	41 sujetos entre 63.6 ± 13.5	4	MoCA	Función ejecutiva, memoria, atención, lenguaje, abstracción, recuerdo y la orientación.	Aeróbico y Fuerza-Resistencia
Klunding P. et al. ²⁴ 2011	Estudio Quasi-experimental	9 sujetos entre los 63,7± 9,1 años	4	Digit Span Backwards, Flanker test	Función ejecutiva y atención	Aeróbico y Fuerza-Resistencia
Chin L. et al. ²⁵ 2015	Estudio Quasi-experimental	7 sujetos entre los 33.3 ± 7.9 años	4	TMTP (A,B), RBANS	Velocidad de procesamiento y la función ejecutiva	Aeróbico
Quaney M. et al. ²⁶ 2009	Ensayo clínico aleatorizado	38 pacientes entre los 64.10±12.30 años	1b	MMSE, WCST, SRTT, TMTP	Función ejecutiva, atención y las habilidades de aprendizaje.	Aeróbico y fuerza
Liu-Ambrose T. et al. ²⁷ . 2015	Ensayo clínico aleatorizado	28 sujetos entre los 65.2 ± 10.4 años	1b	STROOP TETS, TMTP (A,B)	Atención selectiva, resolución de conflictos y memoria de trabajo.	Aeróbico y Fuerza-resistencia.
El-Tamawy M. et al. ²⁸ 2012	Casos y controles	30 participantes entre 40 y 60 años	3b	ACER	Atención, concentración, lenguaje, memoria y orientación.	Aeróbico

ACER: Addenbrookes's Cognitive Examination- Revised **FIM:** Escala de Independencia Funcional **MMSE:** Mini Mental State Examination **MoCa:** Montreal Cognitive Assessment. **RBANS:** Repeatable Battery for the Assessment of Status **SDT:** Symbol Digit Test; **SRTT:** Serial Reaction Time Task **TMTP (A,B):** The Trail Making Test Part (A,B) **WCST:** Wisconsin card Sorting Task **WWT:** Walking while Talking

El-Tamawy et al. realizan dos estudios uno en el año 2012 y otro en el año 2014. En el primero de ellos²⁸, participan 30 sujetos con ictus, divididos en dos grupos. El objetivo de este estudio es medir y explicar desde un punto de vista fisiopatológico la influencia del ejercicio aeróbico en el área cognitiva en pacientes con ictus. Para ello, divide a los participantes en dos grupos el G1 recibe 25-30" de un programa de fisioterapia convencional. Por su lado, el grupo 2 realiza el mismo tratamiento de fisioterapia, pero además se añaden 45" de ejercicio aeróbico. Ambos tratamientos se realizan 3 sesiones por semana durante 8 semanas. Tras realizar la intervención se realiza una comparación entre los dos grupos apreciándose una diferencia estadísticamente significativa en el momento post-tratamiento en la escala Addenbrookes's Cognitive Examination Revised (ACER) que avalúa la atención, concentración, lenguaje, memoria, reconocimiento y orientación. Además, se aprecia un aumento de la velocidad flujo sanguíneo en la arteria cerebral media en el G2 en comparación con el G1.

En su segundo estudio, de El-Tamawy et al.²⁰ (2014) participan 30 sujetos con ictus isquémico. Estos son divididos en dos grupos de 15 personas, a los que la grupo 1 se les aplica fisioterapia con técnicas pasivas, mientras que al grupo 2 además de 25 minutos de fisioterapia con técnicas pasivas, se añadía, tras un descanso de 10 minutos, 45 minutos de ejercicio físico en bicicleta estática. Dicho tratamiento lo realizan 3 veces por semana durante 8 semanas. Las escalas y test empleados para la evaluación son la escala ACER y la medición de los niveles de Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF). El BDNF es un tipo de neurotropinas que juega un papel principal en el aumento de la resistencia al daño cerebral y en la protección contra la degeneración cerebral producido por la edad. Además, mejora a largo plazo la memoria y el aprendizaje.

Se aprecia un aumento del BDNF en sujetos sometidos a ejercicio físico. Además, se produce una mejora estadísticamente significativa, en la escala ACER, obteniendo mejores resultados el grupo 2. Comparando los resultados post-tratamiento de ambos grupos se aprecia una mejora de la atención, memoria y de las habilidades visoespaciales, en el grupo 2 con respecto al grupo 1. Sin embargo no se observa una mejora estadísticamente significativa en la fluidez verbal y en el lenguaje. Los resultados indican una correlación positiva entre la mejora en la escala ACER y el aumento del BDNF. Se cree que por debajo de un umbral no se produce la liberación de esta neurotropina.

Otra alternativa es la de combinar ejercicio aeróbico con ejercicio de fuerza-resistencia (capacidad de mantener una fuerza a un nivel constante mientras que dura la actividad)¹⁰ como se lleva a cabo en 4 estudios (Rand D. et al.,²¹ (2010) Liu-Ambrose T. et al.²⁷ (2015) Marzolini S. et al.²³ (2012) y Klunding P. et al.²⁴ (2011)

Rand D. et al.²¹ (2010) someten a 11 sujetos con ictus crónico a un programa de ejercicio aeróbico y a un entrenamiento de fuerza-resistencia combinado con un programa de recreación durante 6 meses. Realizan 2 horas de ejercicio y 1 hora de recreación por semana. No se empleó ni tapiz-rodante ni bicicleta estática. En este estudio, el ejercicio y la recreación tuvieron un impacto positivo en las funciones ejecutivas, en la memoria verbal pero no en la memoria de trabajo, medida, esta última, a través del Digit Backwards test. Además, hubo una mejora en la flexibilidad cognitiva, medida por la Walking While Talking.

Liu-Ambrose T. et al.²⁷ (2015) incluyen 28 participantes con ictus divididos en dos grupos. Este estudio pretende examinar el efecto de un programa de ejercicio físico y de recreación sobre las funciones ejecutivas. Para ello, divide a los pacientes en dos grupos de manera aleatoria. El primer grupo recibe dos sesiones de entrenamiento por semana, en los que se emplea el ejercicio aeróbico, el ejercicio de fuerza-resistencia, (además de ejercicios de equilibrio y movilidad) todo ello basado en un programa de fitness. Además, se realiza 1 sesión de actividades recreativas por semana. Todo esto se lleva a cabo durante 6 meses. El grupo 2 recibió cuidados ordinarios. Cuidados de carácter imprescindible así como medicamentos y procedimientos de uso habitual por cualquier médico. Comparando ambos grupos, el grupo de intervención (G1) mejoró significativamente la atención selectiva, la resolución de conflictos, medidas a través del Stroop Test. Mediante la realización de Trail Making Test Part se observó una mejora de la memoria de trabajo, de la mejora de la atención selectiva y de la resolución de conflictos.

Marzolini S. et al.²³ (2012) realizan su estudio con 41 participantes con ictus aplicando un programa de ejercicio aeróbico (EA) y ejercicio fuerza-resistencia (EFR) 90 minutos por semana durante 6 meses. El objetivo del EA fue progresar de 20 a 60 minutos de ejercicio, 5 veces por semana, a una intensidad de entre 40% y 70% de la FC_{máx} o del VO₂ máx. En el ER, el objetivo fue realizar los ejercicios, en el miembro menos afecto, con un peso entre el 50 y 60% de 1RM, mientras que para el miembro más afecto será menor o igual al 50% de 1RM.

Se obtuvo una mejora global en las puntuaciones del Montreal Cognitive Assessment, (mide la memoria, la atención, lenguaje, capacidad de abstracción, orientación y memoria a corto plazo), así como en los subdominios de la atención y la concentración y en las funciones visoespaciales. Además, hubo una reducción en el nº de pacientes que cumplían los criterios de umbral para un deterioro cognitivo leve tras en el entrenamiento.

El estudio de Klunding P. et al²⁴ (2011) es el último que asocia al ejercicio aeróbico un ejercicio más específico, en este caso de fuerza. En un mismo grupo participan 9 personas con ictus crónico constando el ejercicio aeróbico de 30 min divididos en: 5´ calentamiento, 20´ manteniendo el ritmo cardíaco objetivo y 5´ de vuelta a la calma. Por su lado, el entrenamiento de Fuerza-Resistencia de MMII se realiza en sedestación con Theraband: Flexores y extensores de rodilla y flexores dorsales y plantares de tobillo. Importantes para la transferencia y el paso. Tras la intervención se encontraron mejoras significativas en el Digit Span Backwards Test, que mide la atención y la memoria de trabajo.

Los dos últimos estudios evalúan un programa de ejercicio aeróbico con otro tipo de estiramientos y de control domiciliarios Quaney et. al²⁶ (2009) divide a 38 pacientes con ictus crónico en 2 grupos de manera aleatoria. El grupo 1 realiza ejercicio aeróbico mientras que el segundo grupo realiza un programa de estiramientos. El objetivo del estudio es examinar si el ejercicio aeróbico induce mejoras en la función ejecutiva, aprendizaje motor y la movilidad tras el ictus. El grupo 1 realiza ejercicio aeróbico en un cicloergómetro al 70% del la FC_{máx} bajo la supervisión de dos profesionales. Se incluye 5´ calentamiento, entre 10-20´ al 40-50% FC_{máx} (primera semana) y hasta el 70% FC máx (la segunda semana) para posteriormente realizar 5´ de vuelta a la calma. Por su lado el grupo 2 realiza un programa de ejercicios ambulatorios tanto de MMII como de MMSS bajo la supervisión de un fisioterapeuta. Los resultados de este estudio revelan que el grupo que realizó ejercicio aeróbico mejoró la velocidad de procesamiento de la información en el Serial Reaction Time Task (SRTT) comparado con el grupo que realizaba un programa de estiramientos ambulatorios. Además, el G1 mejoró significativamente la precisión de la fuerza para una tarea de agarre de precisión, que requiere la atención y el aprendizaje motor a través de señales visuales

Por último, Ploughman M. et al.²², llevan a cabo un estudio en el que participan 21 sujetos con ictus crónico divididos en dos grupos. El grupo 1 se somete a ejercicio aeróbico durante 20 min, Body-Weight Supported Treadmill (BWST). La condición de

control, conformado por sujetos del G2, consistió en la revisión de la movilidad y la independencia en su hogar y se realizó una actualización del programa de ejercicios (no especificados) a domicilio bajo la supervisión de un fisioterapeuta. Ambas intervenciones se llevaron a cabo en los dos grupos (el orden se aleatorizó) separadas por un intervalo de 7-10 días. Los resultados obtenidos, en este último estudio, indican que no encuentran una relación estadísticamente significativa en cuanto a una mejora cognitiva de los sujetos que conforma el G1 con respecto a los del G2.

Tabla 7. Resultados de los artículo seleccionados.

Referencia	Problemas, sujetos y grupos	Intervención	Resultados
El-Tamawy M., et al.²⁰	30 personas con ictus isquémico: G1: Fisioterapia G2: Fisioterapia + ejercicio físico	G1: Fisioterapia pasiva 25-30' G2: Fisioterapia pasiva 25-30' + 10' + 45' de ejercicio físico en bicicleta estática (10' calentamiento + 30' ejercicio activo + 5' de recuperación) 3 veces/semana durante 8 semanas	Se aprecia un aumento del BDNF en sujetos sometidos a ejercicio físico, además de una mejora estadísticamente significativa en la escala ACER, G2>G1. Comparando los resultados post-tratamientos de ambos grupos se aprecia una mejora de la atención, memoria y de las habilidades visoespaciales, en el G2 con respecto al G1 Sin embargo, no se observa una mejora estadísticamente significativa en la fluidez verbal y en el lenguaje. Los resultados indican una correlación positiva entre la mejora en la escala ACER y el aumento del BDNF.
Rand D., et al.²¹	11 sujetos con ictus crónico. G: Programa de ejercicios.	G1: Programa de ejercicios durante 6 meses. Ejercicio aeróbico + entrenamiento de resistencia (subir escaleras, levantarse y sentarse...) 2 horas de ejercicio + 1 hora de recreación / semana. 2 veces por semana durante 6 meses.	El ejercicio y la recreación tuvieron un impacto positivo en la memoria verbal pero no en la memoria de trabajo, medida, esta última, a través del Digit Backwards test. Además, hubo una mejora en la flexibilidad cognitiva, medida por la WWT, y en las funciones ejecutivas.
Ploughman M., Et al.²²	21 sujetos con ictus crónico: G1: BWST G2: Programa de ejercicios en domicilio.	G1: Una sesión de entrenamiento aeróbico (BWST) durante 20'(5' incremento de velocidad + 10' velocidad estable + 5'reducción de velocidad) 70% FCmáx ó nivel 13 en la Escala Borg. G2: 20' de programa de ejercicios a domicilio bajo la supervisión de un fisioterapeuta. Ambas intervenciones en los dos grupos (orden aleatorizado) separadas por 7-10 días	Los resultados obtenidos en el estudio indican que existe una mejora la movilidad del miembro superior pero no encuentran relación estadísticamente significativa en cuanto una mejora cognitiva.

ACER: Addenbrookes's Cognitive Examination- Revised **BDNF:** Brain Derived Neurotropic Factor. **WWT:** Walking While Talking

Tabla 7. Continuación.

<p>Marzolini S., et al.²³</p>	<p>41 participantes con ictus de +10 semanas.</p> <p>G: Programa de ejercicio aeróbico (EA) y de Fuerza - Resistencia. (EFR)</p>	<p>G: 90 min de ejercicio/semana durante 6 meses.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1ª semana: EA + EFR. 2 ó 3 sesiones. - 2ª semana en adelante: En casa se realizarán 4 sesiones de EA y 2 sesiones de RT. Deberán ir anotando los detalles de cada sesión. - EA: El objetivo es progresar de 20 a 60' de ejercicio, 5 veces por semana, intensidad de entre 40% y 70% de la FCmáx o del VO2 máx. - ER: El objetivo para el miembro menos afecto es realizar los ejercicios con un peso entre el 50 y 60% de 1RM. Mientras que para el miembro superior más afecto será menor o igual al 50% de 1 RM. 	<p>Se obtuvo una mejora global en las puntuaciones del MoCA (22.5±4.5 a 24.0±3.9, P<.001) así como en los subdominios de la atención y la concentración (4.7±1.7 a 5.2±1.3 P=0.3) y en las funciones visoespaciales (3.4 ± 1.1 a 3.9 ± 1.1, P = .002). Además, hubo una reducción en el nº de pacientes que cumplan los criterios de umbral para un deterioro cognitivo leve tras en el entrenamiento (65.9% vs 36.6%, P < .001).</p>
<p>Klunding P. et al.²⁴</p>	<p>9 participantes con ictus crónico en un único grupo.</p> <p>G: Programa de ejercicio aeróbico y Fuerza-Resistencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1h/ sesión, 3 sesiones/semana durante 12 semanas. La intensidad inicial viene dada por el 50% de VO2 máx. o por una puntuación de entre 11-14 en el RPE. - Pruebas de ejercicio aeróbico. 30' (5' calentamiento, 20' con el mismo ritmo cardíaco objetivo, 5' de vuelta a la calma). - Entrenamiento de Fuerza-Resistencia de MMII. En sedestación con Theraband: Flexores y extensores de rodilla y flexores dorsales y plantares de tobillo. De 1-10 repeticiones. Aumentando repeticiones y resistencia. 	<p>Tras la intervención se encontraron mejoras significativas en el Digit Span Backwards Test. Existe una significativa correlación entre la mejora de la capacidad aeróbica y los resultados en el Flanker test.</p>

MoCA: Montreal Cognitive Assessment

Tabla 7. Continuación.

Quaney M. et al. ²⁵	<p>38 pacientes con ictus crónico en 2 grupos:</p> <p>G1: Ejercicio aeróbico</p> <p>G2: Programa de estiramientos</p>	<p>45 min/sesión, 3 sesiones por semana, durante 8 semanas.</p> <p>G1: Cicloergómetro al 70% del la FCmax bajo la supervisión de dos profesionales. Se incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5´ calentamiento. - Ejercicio aeróbico. 1ª semana: Entre 10-20 al 40-50% FCmáx. 2ª semana: Hasta el 70% FC máx. - 5´ de vuelta a la calma. <p>G2: Programa de ejercicios de estiramientos ambulatorios tanto de MMII como de MMSS.</p>	<p>Los integrantes del G1 mejoraron su VO₂ máx significativamente tras el ejercicio aeróbico. También mejoro el aprendizaje motor en la mano menos afecta.</p> <p>El grupo que realizó ejercicio aeróbico mejoró la velocidad de procesamiento de la información en el SRTT comparado con el grupo que realizó ejercicios ambulatorios. Además, el G1 mejoró significativamente la precisión de la fuerza para una tarea de agarre de precisión, que requiere la atención y el aprendizaje motor a través de señales visuales.</p>
Liu-Ambrose T. et al. ²⁶	<p>28 pacientes con ictus crónico divididos en dos grupos:</p> <p>G1: Programa basado en la comunidad.</p> <p>G2: Cuidados ordinarios.</p>	<p>G1: 2 sesiones de Fuerza-Resistencia y entrenamiento aeróbico (además de ejercicios de movilidad y equilibrio) Además, se realiza 1 sesión de actividades recreativas/ semana durante 6 meses.</p> <p>G2: Cuidados ordinarios. Cuidados de carácter imprescindible, así como medicamentos y procedimientos de uso habitual por cualquier médico.</p>	<p>Comparando ambos grupos, el grupo de intervención mejoró significativamente la atención selectiva, la resolución de conflictos, la memoria de trabajo y la capacidad funcional. La mejora de la atención selectiva y la resolución de conflictos estuvo asociada significativamente con la capacidad funcional a los seis meses.</p>
El-Tamawy M. et al. ²⁷	<p>30 pacientes con ictus isquémico. En dos grupos:</p> <p>G1: Fisioterapia convencional</p>	<p>G1: 25-30 de fisioterapia. 3 sesiones/ semana durante 8 semanas. Programa de estiramientos, facilitación de músculos débiles, ejercicios de fuerza, control postural y equilibrio y entrenamiento del paso.</p>	<p>Comparando los dos grupos se aprecia una diferencia estadísticamente significativa en el momento post-tratamiento en la escala ACER.</p> <p>Además, se aprecia un aumento de la velocidad flujo sanguíneo en la arteria cerebral media en el G2 en comparación con el G1.</p>

G2: : Fisioterapia convencional + ejercicio aeróbico.

G2: 25-30' de fisioterapia (igual que el anterior) + 10" de descanso + 45" de ejercicio aeróbico. 3 sesiones/ semana durante 8 semanas.

Chin L. et al.²⁸

7 participantes ambulatorios con TCE crónico.
G: Programa de ejercicio aeróbico vigoroso.

G:
- Ejercicio aeróbico vigoroso
30 min en tapiz rodante/ 3 veces por semana/ 12 semanas

Tras el ejercicio se observaron mejoras en la función cognitiva con mejores puntuaciones en el TMTP-A y en el BRANS.
La magnitud de la mejora cognitiva estuvo fuertemente relacionada con el ejercicio cardiorrespiratorio.

RBANS: Repeatability Battery for the Assessment of Neuropsychological Status **SRTT:** Serial Reaction Time Task **TCE:** Traumatismo craneoencefálico.

TMTP-A: Trail Making Test Part A

DISCUSIÓN

El número de artículos encontrados sobre el TCE, ha sido sensiblemente inferior ya que la mayor parte de la bibliografía científica existente se basa en estudios sobre animales, siendo este uno de los criterios de exclusión de este trabajo. El efecto de la práctica de ejercicio aeróbico sobre la función cognitiva en personas con TCE no se ha estudiado lo suficiente, sólo existen 3 estudios previos sobre este tema^{29,30,31} que no se han incluido por no cumplir los criterios de inclusión en cuanto al año de publicación. Desafortunadamente, los 3 estudios utilizaron diferentes métodos de ejercicio. Aunque no podemos comparar los resultados debido a la diferencia de las intervenciones llevadas a cabo, sí se ha observado una mejoría de la función cognitiva tras el ejercicio, por tanto, esto apoya la idea de que la función cognitiva podría ser modificable con el ejercicio de intensidad moderada en personas con daño cerebral adquirido.²⁵

Ocho de los nueve artículos seleccionados apoyan el impacto positivo del ejercicio en la mejora de la función cognitiva. Sin embargo, existe una gran heterogeneidad en las intervenciones y en las escalas y test empleados en las mediciones. Tan sólo el estudio de Ploughman M. et al¹⁷ no encuentra una relación estadísticamente significativa que permita afirmar el impacto positivo del ejercicio físico sobre la función cognitiva. Esto podría deberse a la poca duración de la actividad física (20 minutos), así como a las 2 únicas intervenciones realizadas. Aunque este estudio está situado en el nivel 2b, siendo de los que más estudios que más calidad tiene, en la escala OCEBM¹⁹ el no beneficio del ejercicio físico sobre la función cognitiva ha podido deberse a la poca duración de la actividad física (20 minutos), así como a las 2 últimas intervenciones realizadas.

El ejercicio físico debe tener una planificación, ser estructurado, repetitivo y progresivo. La intensidad y la dosificación del ejercicio parece ser crucial para alcanzar efectos beneficiosos.³² Las últimas intervenciones que se están llevando a cabo, para mejorar el daño cognitivo tras un ictus, están haciendo uso de los nuevos avances en neurociencia. Este nuevo campo atiende a trasladar las investigaciones en ciencias básicas a la práctica clínica. El BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) es una de las neurotropinas que juega un papel fundamental en el incremento de la resistencia al daño y a la degeneración y mejora a largo plazo la memoria y el aprendizaje. Está probado que el ejercicio aeróbico da lugar a una serie de reacciones bioquímicas en

el cuerpo y en el cerebro de animales y humanos. En estos últimos es necesario ejercicio de alta intensidad para incrementar los niveles de BDNF.²⁰

El BDNF es una de las variables que analiza El-Tamawy M., et al.²⁰ 2014 en su estudio. Comparando ambos grupos observa que el grupo que recibe fisioterapia pasiva 30 minutos para posteriormente realizar 45 minutos de ejercicio aeróbico y 30 minutos de ejercicio activo, 3 veces por semana durante ocho semanas, muestra un aumento del BDNF y mejoras estadísticamente significativas en la escala ACER. Es por todo ello, que se debería tener en cuenta esta neurotrophina en los próximos estudios que se realicen, analizando su efecto sobre la función cognitiva.

Rand et al.²¹ (2010), Marzolini et al.²³ (2012), Klunding et al.²⁴ (2011) y Liu-Ambrose et al.²⁷ (2015) abogan en sus estudios por realizar una combinación de ejercicio aeróbico y ejercicio de fuerza-resistencia. En los cuatro estudios se observa una mejora de la función cognitiva tras la realización del programa de ejercicio. La duración de estos programas de ejercicios van desde los 3 meses en el estudio de Klunding et al.²⁴ (2011) hasta un máximo de 6 meses en los estudios de Rand et al.(2010)²¹, Liu-Ambrose et al.²⁷ (2015) y Marzolini et al.²³(2012) Esto es un factor de gran relevancia ya que, la práctica de ejercicio físico por lo menos tres veces por semana desencadena los mecanismos de adaptación del sistema aeróbico produciéndose diferentes adaptaciones fisiológicas en el organismo consecuente de la práctica habitual de ejercicio físico. Sin embargo, es interesante señalar que los resultados de varios estudios indican que el entrenamiento durante 4 o 5 días por semana se asocia con apenas una leve mejoría fisiológica en comparación con el entrenamiento tres días por semana. En las personas normales, esta ligera mejora fisiológica (determinada por el valor de VO₂ máx) no justifica el aumento del tiempo dedicado al ejercicio.¹⁰

Por su lado, el estudio efectuado por Chin L. et al.²⁵ (2015) es el único de los nueve que se centra en sujetos con el TCE. Aunque la muestra es pequeña (7 sujetos), se ha observado una mejora de la función cognitiva tras un programa de ejercicio aeróbico vigoroso. Aunque estos estudios son poco frecuentes en sujetos con TCE, son numerosos los estudios publicados en lo que se emplean animales. En ellos, existe una especificidad entre el ejercicio y las funciones ejecutivas. Roedores y primates han demostrado mejoras en la plasticidad neural y en la regeneración celular en el hipocampo y en el giro dentado, con la aparición de mecanismos moleculares y neuroquímicos tras la realización de ejercicio físico vigoroso tras un TCE.¹²

CONCLUSIONES

Son numerosas las alteraciones resultantes tras un accidente cerebro vascular o tras un traumatismo craneoencefálico, ambas englobadas dentro del daño cerebral adquirido. Después de estos episodios no sólo se aparecen secuelas físicas, las más evidentes en la mayoría de los casos, si no que muchas veces las alteraciones también se producen a nivel cognitivo. Sin embargo el número de estudios que evalúan la influencia del ejercicio físico sobre los aspectos cognitivos en el caso del daño cerebral adquirido es escaso, y se ha encontrado gran diversidad en las funciones cognitivas evaluadas y las escalas de medida. Además, se ha encontrado que casi la práctica totalidad de los estudios que valoran el efecto del ejercicio físico sobre las funciones cognitivas en pacientes con daño cerebral adquirido se dirige a personas con ACV y sólo uno se realizó sobre personas con traumatismo craneoencefálico. Se deberán realizar más estudios sobre este colectivo dada la repercusión que puede tener en personas que suelen ser más jóvenes.

La calidad de los estudios es, en general, media o baja y se emplean pocos sujetos, por lo que hacen falta la realización de más ensayos clínicos incidiendo sobre mayor número de personas que evalúen el efecto del ejercicio físico sobre la función cognitiva para despejar dudas sobre la influencia de terceras variables o variables de confusión. Sumado a este aspecto, la disparidad de planteamientos en los estudios, así como en las escalas empleadas para la evaluación de funciones cognitivas o en el tiempo de intervención y seguimiento no hace posible establecer una conclusión firme al respecto. Sin embargo, se puede apreciar una tendencia positiva del efecto del ejercicio sobre la función cognitiva, pues en 8 de los 9 estudios seleccionados se muestra una mejora en la función cognitiva tras la práctica de ejercicio físico. En ellos se han empleado diferentes tipos de ejercicio como el ejercicio aeróbico, el ejercicio de fuerza-resistencia y en algún caso se han combinado con programas de recreación, sin que pueda alcanzarse una conclusión respecto a que el tipo de ejercicio administrado pueda determinar la dirección o magnitud del efecto.

Por ello, como conclusión final decir que no hay una clara orientación de qué tipo de ejercicio puede ser el más beneficioso para la mejora de la función cognitiva y no existe una suficiente evidencia para afirmar que el ejercicio físico mejora la función cognitiva de sujetos con daño cerebral adquirido, aunque se observa una tendencia positiva. Para corroborar esta hipótesis será necesaria la realización de nuevos estudios con mayor tamaño muestral y con una intervención homogénea.

BIBLIOGRAFÍA

1. Toby B Cumming KT. The effect of physical activity on cognitive function after stroke: a systematic review. *Int Psychogeriatr IPA*. 2011;24(4):1–11.
2. Shen X, Li A, Zhang Y, Dong X, Shan T, Wu Y, et al. The effect of different intensities of treadmill exercise on cognitive function deficit following a severe controlled cortical impact in rats. *Int J Mol Sci*. 2013;14(11):21598–612.
3. Efectividad de la rehabilitación neuropsicológica en el daño cerebral adquirido (I): atención, velocidad de procesamiento, memoria y lenguaje - *Revista de Neurología* [Internet]. [cited 2015 Jun 15]. Available from: <http://www.revneurolog.com/sec/resumen.php?id=2009652>
4. Cognitive-Communicative Abilities Following Brain Injury: A... : *The Journal of Head Trauma Rehabilitation* [Internet]. LWW. [cited 2015 Jun 15]. Available from: http://journals.lww.com/headtraumarehab/Fulltext/1996/06000/Cognitive_Communicative_Abilities_Following_Brain.15.aspx
5. José Aso Escario. *Traumatismo craneales: Aspectos médico-legales y secuelas*. 1ª ed. España: Masson; 1999. 289 p.
6. Maas AI, Stocchetti N, Bullock R. Moderate and severe traumatic brain injury in adults. *Lancet Neurol*. 2008 Agosto;7(8):728–41.
7. Howard S. Kirshner. *Neurología: Primero Contacto con la especialidad*. 1ª ed. México: Mc Graw Hill; 2008. 434 p.
8. Jaime Díaz Guzma. *Estudios NEDICES e IBERICTUS*. 2009.
9. José Antonio Casajús. *Ejercicio físico y salud en poblaciones especiales*. 2011.
10. Chicharro JL, Mojares LML. *Fisiología clínica del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana; 2008. 524 p.
11. Brogårdh C, Lexell J. Effects of cardiorespiratory fitness and muscle-resistance training after stroke. *PM R*. 2012 Nov;4(11):901–7; quiz 907.
12. Fogelman D, Zafonte R. Exercise to Enhance Neurocognitive Function After Traumatic Brain Injury. *PM&R*. 2012 Nov;4(11):908–13.

13. Helm-Estabrooks N, Albert ML. Manual de la afasia y de terapia de la afasia. Ed. Médica Panamericana; 2005. 487 p.
14. Iván D. Delgado-Mejía. Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. Rev Neurol. (57 Suplemento 1).
15. Mendoza MP, Córdova EAE, Lasprilla JCA. Rehabilitación neuropsicológica: Estrategias en trastornos de la infancia y del adulto. Editorial El Manual Moderno; 2014. 313 p.
16. Josep Adolf Guirao-Goris, Angela Olme, do Salas, Esperanza Ferrer Ferrandis. El artículo de revisión. 2008;
17. Fuensanta Meseguer Guaita. Lectura crítica de un metaanálisis y de una revisión sistemática.
18. Manterola D C, Zavando M D. Cómo interpretar los “Niveles de Evidencia” en los diferentes escenarios clínicos. Rev Chil Cir. 2009 Dec;61(6):582–95.
19. J. Primo. Niveles de evidencia y grados de recomendación (I/II). 2003.
20. El-Tamawy MS, Abd-Allah F, Ahmed SM, Darwish MH, Khalifa HA. Aerobic exercises enhance cognitive functions and brain derived neurotrophic factor in ischemic stroke patients. NeuroRehabilitation. 2014;34(1):209–13.
21. Rand D, Eng JJ, Liu-Ambrose T, Tawashy AE. Feasibility of a 6-month exercise and recreation program to improve executive functioning and memory in individuals with chronic stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2010 Oct;24(8):722–9.
22. Ploughman M, McCarthy J, Bossé M, Sullivan HJ, Corbett D. Does treadmill exercise improve performance of cognitive or upper-extremity tasks in people with chronic stroke? A randomized cross-over trial. Arch Phys Med Rehabil. 2008 Nov;89(11):2041–7.
23. Marzolini S, Oh P, McIlroy W, Brooks D. The effects of an aerobic and resistance exercise training program on cognition following stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2013 Jun;27(5):392–402.
24. Kluding PM, Tseng BY, Billinger SA. Exercise and executive function in individuals with chronic stroke: a pilot study. J Neurol Phys Ther JNPT. 2011 Mar;35(1):11–7.

25. Chin LM, Keyser RE, Dsurney J, Chan L. Improved cognitive performance following aerobic exercise training in people with traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015 Apr;96(4):754–9.
26. Quaney BM, Boyd LA, McDowd JM, Zahner LH, He J, Mayo MS, et al. Aerobic Exercise Improves Cognition and Motor Function Poststroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009 Nov;23(9):879–85.
27. Liu-Ambrose T, Eng JJ. Exercise training and recreational activities to promote executive functions in chronic stroke: a proof-of-concept study. *J Stroke Cerebrovasc Dis Off J Natl Stroke Assoc*. 2015 Jan;24(1):130–7.
28. El-Tamawy MS, Darwish MH, Abd-Allah F, Ahmed S, Khalifa HA. Aerobic Exercises Improve Blood Flow and Cognitive Functions in Anterior Circulation Ischemic Strokes. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg [Internet]*. 2012 [cited 2015 Jun 15];49(4). Available from: <http://ejnnpn.org/Articles/731/2012494001.pdf>
29. Grealy MA, Johnson DA, Rushton SK. Improving cognitive function after brain injury: the use of exercise and virtual reality. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:661-7.
30. McMillan T, Robertson IH, Brock D, Chorlton L. Brief mindfulness training for attentional problems after traumatic brain injury: a randomised control treatment trial. *Neuropsychol Rehabil* 2002;12:117-25.
31. Gordon WA, Sliwinski M, Echo J, McLoughlin M, Sheerer MS, Meili TE. The benefits of exercise in individuals with traumatic brain injury: a retrospective study. *J Head Trauma Rehabil* 1998;13:58-67.
32. Brogårdh C, Lexell J. Effects of cardiorespiratory fitness and muscle-resistance training after stroke. *PM R*. 2012 Nov;4(11):901–7; quiz 907.