



Revista Electrónica de Psicología Iztacala



Universidad Nacional Autónoma de México

Vol. 22 No. 4

Diciembre de 2019

MEMORIA Y ATENCIÓN EN DEPORTE DE CONTACTO CON HISTORIAL DE CONMOCIÓN CEREBRAL

Gabriela Orozco Calderón¹ e Ingrid Angélica Ruz Santos²

Laboratorio de Psicobiología y Cognición Humana.

Facultad de Psicología

Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

La actividad física regular como a la práctica específica de los deportes conlleva a beneficios físicos, psicológicos y cerebrales. Sin embargo uno de los riesgos de los deportes de contacto se relaciona con la posibilidad de presentar golpes directos en la cabeza, y con ello afectaciones neurológicas con secuelas persistentes a largo plazo y que pueden ser evidentes a través de la evaluación neuropsicológica. El objetivo del estudio fue describir las características neuropsicológicas en atención y memoria una muestra de deportistas de contacto con y sin historial de conmociones cerebrales. Se entrevistó y evaluó a una muestra de deportistas, mediante la aplicación de una guía de conmoción cerebral y la batería neuropsicológica NEUROPSI: atención y memoria. Se encontró que los deportistas mostraron en promedio desempeños correspondientes con el rango normal en las pruebas de atención y memoria. No obstante, al comparar los resultados de acuerdo al historial de conmoción cerebral, se encontró que quienes habían reportado una o más conmociones previas, obtuvieron puntuaciones significativamente menores en tareas de memoria verbal. Se concluye que los deportes de contacto aportan beneficios a nivel cognitivo y emocional; sin embargo, las conmociones cerebrales pueden afectar de forma negativa en pruebas relacionadas con memoria verbal.

Palabras clave: memoria, atención, conmoción cerebral, deporte de contacto.

¹ Correo electrónico: gorozcoca@hotmail.com

² Correo electrónico: ingridruzsan@gmail.com

MEMORY AND ATTENTION IN CONCUSSION HISTORY IN CONTACT SPORT

ABSTRACT

Regular physical activity as well as the specific practice of sports leads to physical, psychological and cerebral benefits. However, one of the risks of contact sports is related to the possibility of presenting direct blows to the head, and with this neurological affectionation with persistent long-term sequelae that can be evident through the neuropsychological evaluation. The objective of the study was to describe the neuropsychological characteristics in attention and memory, a sample of contact athletes with and without history of concussions. A sample of athletes was interviewed and evaluated through the application of a concussion guide and the neuropsychological battery: NEUROPSI attention and memory. It was found that the athletes showed average performances corresponding to the normal range in the attention and memory tests. However, when comparing the results according to the history of concussion, it was found that those who had reported one or more previous commotions obtained significantly lower scores in verbal memory tasks. It is concluded that contact sports provide benefits on a cognitive and emotional level; However, concussions can adversely affect tests related to the verbal memory.

Keywords: memory, attention, cerebral concussion, contact sport.

La actividad física constante conlleva beneficios a nivel cognitivo, que se han demostrado a través del aumento del volumen cerebral y de un mejor desempeño en las pruebas neuropsicológicas (Chaddock et al., 2010; Liu-Ambrose, 2010; Niemann et al., 2014; Radak et al., 2006; Trejo, Carro y Torres-Alemán, 2001).

Por otro lado, al analizar lo que sucede en los deportes, existen múltiples variables que se conjuntan en la realización de cada uno de ellos de forma particular y que van más allá de la actividad física constante. En el caso de los deportes de contacto, una variable que se debe considerar por su influencia en el rendimiento cognitivo es el factor de las conmociones cerebrales, pues existen diversas investigaciones que señalan que una simple conmoción puede ocasionar secuelas permanentes a nivel cerebral, aun cuando las personas no reporten síntomas relacionados; y también se ha demostrado que mientras más sean las conmociones acumuladas, mayores pueden ser las afectaciones cognitivas (Barth

et al., 1983; Dean y Sterr, 2013; Daneshvar et al., 2011 Howell et al., 2013; McKee, 2014; Omalu et al., 2005; Quintana, 2016).

Neuropsicología de la memoria

De manera concreta, se puede definir a la memoria como la capacidad de retener información y utilizarla con fines adaptativos (Fuster, 1995).

No obstante, es importante el estudio de la memoria desde un enfoque más amplio, vista como un proceso y como una función intelectual, con una relación estructural y funcional con el sistema nervioso central (SNC), que se caracteriza por la adquisición, almacenamiento y reposición de la información y las experiencias previas aprendidas, ingresadas por alguna vía sensorial. Con respecto a esta relación estructural anatómica con la memoria, se ha resaltado a través de diferentes estudios al hipocampo, el tálamo, la amígdala del lóbulo temporal, los cuerpos mamilares y al cerebelo, entre otras. En relación a la bioquímica, se ha enfatizado la participación de diversos neurotransmisores, entre los que destaca principalmente la acetilcolina (Solís y López Hernández, 2009).

La memoria puede ser dividida por su procesamiento en tres etapas: primero se encuentra la codificación que se refiere al proceso por el cual la información es almacenada; posteriormente sucede la consolidación que es el fortalecimiento de la representación de la información almacenada; y el último proceso, la evocación, es el proceso de recuperar la información almacenada (Kolb y Whishaw, 2006).

La codificación o fijación es el proceso donde la información se prepara para que pueda ser guardada. Es muy importante en esta etapa, la concentración, la atención y la motivación del sujeto. En esta etapa inicial, la información puede codificarse de múltiples formas (una imagen, sonidos, experiencias, acontecimientos o ideas), dependiendo del tipo de información y de las estrategias utilizadas por el sujeto (Ballesteros, 1999). Tulving y Thomson (1973) formularon el principio de especificidad de codificación, que establece que existe una estrecha relación entre la codificación de los elementos en la memoria y su recuperación

posterior. En este sentido, cualquier clave asociada a un elemento durante la fase de codificación, podrá facilitar su recuperación en la fase de recuerdo posterior.

La función dual del área de asociación límbica, que consiste en la expresión emocional y la formación de memorias, podría parecer disparatada a menos de que uno se percate de que el impacto emocional de un evento es un determinante importante de si un evento es recordado. El estudio del famoso paciente H.M. después de que sus dos lóbulos temporales fueran removidos, demostró por primera vez el papel selectivo de esta región del cerebro al convertir los recuerdos a corto plazo en memorias a largo plazo (Scoville y Milner, 1957). Estudios fisiológicos y neuroanatómicos en monos han ayudado a establecer que las áreas de asociación de lóbulo temporal medial, incluyendo la formación hipocampal, reciben información de virtualmente cada una de las otras áreas de asociación. Estas conexiones permiten que el hipocampo tome una “muestra” del flujo entero de la actividad cognitiva en curso, y por lo consiguiente relacione los diferentes aspectos de un solo acontecimiento, de modo que puedan ser recordados como una experiencia coherente (Kandel, Schwartz y Jessel, 2000).

Para la evaluación neuropsicológica de la memoria se deben considerar los siguientes aspectos: 1) orientación en tiempo y espacio, 2) recobro de una frase, para examinar el aprendizaje y la retención de información significativa, asemejándose a lo que solemos escuchar en una conversación –como las historias de Memoria Lógica del Weschler-, y otras historias desarrolladas para el recuerdo verbal, 3) capacidad de aprendizaje con tres o más ensayos, lo que da una curva de aprendizaje y se prueba tanto para el recuerdo libre como para el reconocimiento, -como en la Prueba de Aprendizaje Verbal Auditivo o la Prueba de Aprendizaje Verbal de California-; 4) memoria visuoespacial tal como en la Figura Compleja, seguida por un ensayo de reconocimiento cuando se está disponible; 5) memoria remota; y 6) la memoria personal-autobiográfica (Lezak, et al. 2012).

Todas las pruebas diseñadas para medir el aprendizaje deben incluir uno o más ensayos seguidos de un periodo de latencia con otras tareas intermedias

para evitar la repetición (más ensayos); y posteriormente, se debe evaluar tanto el recuerdo libre como el reconocimiento o el recuerdo mediante claves. Una lesión unilateral puede afectar el recobro de material verbal y no verbal de manera diferencial, de manera que las lesiones en el hemisferio izquierdo comprometen más la memoria verbal y las lesiones derechas afectan de manera particular el recobro visoespacial (Loring et al., 2008). Por lo tanto, la inclusión de pruebas verbales y no verbales es necesaria para la evaluación de los problemas de memoria relacionados específicamente con el tipo de material aprendido. Cuando se evalúa la memoria, el evaluador debe comparar también los aspectos de la cognición que no dependen fuertemente de la memoria con el desempeño en las pruebas de memoria. También es importante que el evaluador integre las pruebas de memoria con el resto de las pruebas para generar un formato de evaluación variado, para evitar estresar a los pacientes con afectación de memoria que se preocupan por su dificultad y utilizar pruebas que no sean de memoria como actividades de interferencia cuando se evalúe el recuerdo diferido (Kneebone, Lee, Wade y Loring, 2007).

Neuropsicología de la atención

La complejidad conceptual, neuroanatómica y neurofuncional de la atención hace que no pueda ser reducida a una simple definición, ni estar ligada a una única estructura anatómica o explorada con un único test, y que conduzca a considerarla realmente como una etiqueta que sintetiza una serie de complejos procesos cerebrales (Van Zomeren y Brouwer, 1994). La atención puede ser desplegada en al menos nueve tipos de aplicación clínica, (Estévez-González, García-Sánchez y Junqué, 1997) los cuales son: 1) la vigilancia o alerta (*arousal*), nivel de consciencia de la fase 4 de sueño a la hipervigilia. 2) el “*span*” atencional o amplitud de atención, el *span* acústico, suele explorarse con reproducciones de ritmos; el auditivo-verbal, con el subtest de dígitos de WAIS/WISC; y el visoespacial con el test de Cubos de Corsi. 3) la atención selectiva o focal, Proceso por el que se responde a un estímulo o tarea y se ignoran otras. Suele equivaler a la “atención posterior” explorada con tareas de cancelación, tareas de

emparejamiento visual.4) la atención de desplazamiento entre hemicampos visuales (“*shifting*”), Proceso para seleccionar preferencialmente información prioritaria en uno y otro hemicampo visual. Suele explorarse con el paradigma de Posner.5) la atención serial, el prototipo son las pruebas de cancelación.6) la atención dividida, dual o compartida, proceso por el que se responde simultáneamente a un doble estímulo, poniendo en marcha una doble “activación”. Suele explorarse con paradigmas de tareas con interferencia.7) la atención de preparación, Proceso de preparación de respuestas apropiadas. Suele explorarse registrando eléctricamente las neuronas que se disparan (activan) previas a la respuesta.8) la atención sostenida, concentración o vigilancia, Proceso de mantenimiento persistente del estado de alerta a pesar de la frustración y el aburrimiento. Suele explorarse con tareas de tipo “*Continuous Performance Task*” (CPT, por sus siglas en inglés). Y 9) la inhibición,atención para inhibir una respuesta natural. Suele explorarse con los paradigmas de *Stroop* y *Go/No-go*.

La velocidad de procesamiento y la capacidad a corto plazo constituyen las dimensiones básicas de la atención, es decir, qué tanto nuestro sistema atencional puede procesar a la vez dependiendo de qué tan rápido opera. Por tanto, estas dos dimensiones pueden ser examinadas de forma separada, por un lado, la amplitud de la capacidad y por otro, la velocidad mediante tareas cronometradas. Para las pruebas de “*span*” que miden la capacidad atencional, se expone al sujeto a cantidades crecientes de información con la instrucción de repetir lo que ha visto o escuchado para indicar lo que ha captado en una respuesta inmediata. La cantidad de información que repite correctamente se considera un indicativo de la capacidad atencional del sujeto (Lezak et al., 2012).

Es importante considerar que la atención puede ser medida en su modalidad auditiva o también visual. La prueba del golpeteo de *Cubos de Corsi*, es una prueba de recuerdo inmediato de una secuencia presentada visualmente. Consiste en nueve cubos de una pulgada y media puestos en un orden aleatorio sobre un tablero. Cada vez que el examinador señala los cubos en una secuencia prearreglada, el paciente debe intentar copiar el mismo patrón. Desde su aparición

se han desarrollado diversas variaciones basadas en este concepto; ya que puede ser útil tanto para medir la amplitud visual inmediata como para el aprendizaje visoespacial (Lezak et al., 2012).

En cuanto a su neuropatología y lateralidad funcional, se ha encontrado que en la prueba de *Cubos de Corsi*, aquellos pacientes con lesiones en el hemisferio derecho tienen un desempeño más pobre en comparación con aquellos con lesiones en el hemisferio izquierdo (Kessels, Van Zandvoort, Postma, Kapelle y De Haan, 2000). Asimismo, se han reportado afectaciones en esta prueba como consecuencia de una afectación frontal con una media de 4.4 (Sullivan, Corkin y Growdon, 2009). En otro estudio se encontró que pacientes con TCE severo a moderado quedaban rezagados 0.5 puntos en comparación con sujetos normales (6.4 a 5.8), y aquellos con lesiones severas en la cabeza se desempeñaban en promedio otro medio punto más abajo ($M = 5.3$) (Ruff, Evans, y Marshall, 1986).

Dentro de ambas modalidades (verbal y visual) existe la “atención selectiva”, la cual consiste en centrarse en una fuente de entrada sensorial en la exclusión de otras. Un buen ejemplo de ello es la tarea de búsqueda visual, la cual consiste en retar a la persona a encontrar un objetivo mientras suprime la interferencia de objetos distractores que podrían ser perceptualmente similares al objetivo (Luck y Mangun, 2009).

Una de las distinciones más fundamentales en el estudio de la atención es entre el control de la atención y la implementación de la atención. Estas dos modalidades son diferentes, pero se traslapan y complementan. En primera instancia, los procesos del control atencional son los responsables de tomar las instrucciones generales de la tarea (por ejemplo: “encuentra una uva en el lado izquierdo de esta fotografía) y convertirlas en un sesgo hacia un conjunto apropiado de características (por ejemplo, colores, formas, ubicaciones, etc.); entonces, una vez que un conjunto de características, objetos o ubicaciones potencialmente relevantes han sido encontrados, los procesos de implementación

atencional son responsables de asegurar que estas características, objetos o ubicaciones reciban un procesamiento preferencial (Luck y Mangun, 2009).

El centrarse en una tarea en específico excluyendo otras, suele llamarse en la vida cotidiana como “concentración”; sin embargo en su estudio formal, a este proceso se le conoce con el nombre de “control ejecutivo”, y también se considera parte de las “funciones ejecutivas” (como se menciona en dicho apartado). Un buen ejemplo de ello, es la tarea tipo *Stroop*, en la cual se reta a la persona a desempeñar una actividad no practicada, diciendo el nombre de un color mientras suprime la interferencia de una actividad altamente practicada (leer la palabra).

Las regiones anatómicas y moduladores químicos involucrados en la alerta, la orientación y las redes de la atención ejecutiva (Posner y Rothbart, 2007) incluyen para la orientación el sistema colinérgico y las estructuras del área parietal superior, la conjunción parieto-temporal, los campos visuales frontales y los colículos superiores. Para la alerta el sistema noradrenérgico con el Locus coeruleus, el frontal derecho y la corteza parietal. Mientras que para la atención ejecutiva es el sistema dopaminérgico en zonas como el cíngulo anterior, la prefrontal ventral lateral y los ganglios basales

Afectaciones neuropsicológicas asociadas a conmoción

Se han reportado que las secuelas neuropsicológicas al recibir una única conmoción o un traumatismo craneoencefálico leve (TCE leve) son imperceptibles de manera posterior a los 7 días, al comparar a jugadores de fútbol americano con sujetos control (Williams, Potter y Ryland, 2010). Sin embargo, también se ha encontrado que el recibir una segunda lesión en la cabeza de manera posterior a una primera conmoción o TCE leve puede incluso llevar hasta la muerte, lo que han denominado como “Síndrome del Segundo Impacto” o SIS (por sus siglas en inglés), y se basa en la observación de casos de jugadores que han colapsado en el juego aunque aparentaban estar bien incluso unos segundos después de la segunda lesión (Cantu, 2016; Yokota y Ida, 2016). Existen diferentes pruebas neuropsicológicas que han reportado sensibilidad ante las secuelas cognitivas de

la conmoción. En un estudio realizado con pacientes que recientemente habían sido diagnosticados con dicha lesión; se les aplicó el Test de Cartas de Wisconsin, el cual es un instrumento diseñado para medir las funciones ejecutivas, específicamente aquellas que tienen que ver con la búsqueda de estrategias para la resolución de problemas adaptándose a situaciones externas cambiantes; y después de un promedio de seis meses, se volvió a aplicar la misma prueba con la finalidad de medir la sensibilidad al cambio. SE encontró que dicha prueba presenta sensibilidad ante el cambio o la mejoría del desempeño cognitivo y resultaba de utilidad para clasificar a los pacientes entre un desempeño “normal” o “con déficit” (del Valle-del Valle et al., 2008).

En otro estudio en el cual se reclutó a pacientes con historia de TCE leve con y sin síntomas de posconcusión; se les aplicó dos pruebas neuropsicológicas: el *N-back* y el *PVSAT* con la finalidad de medir la capacidad de memoria de trabajo y velocidad de procesamiento, respectivamente. El desempeño se comparó también con otros dos grupos control, uno de los cuales presentaba también síntomas de posconcusión (asociados a otras causas) y el otro no presentaba ninguno de los síntomas. Entre sus hallazgos reportan que el grupo con síntomas de conmoción presentó un peor desempeño en las pruebas en comparación con los otros dos grupos. Se propone que las afectaciones cognitivas por conmoción en memoria de trabajo y velocidad de procesamiento podían persistir incluso después de un año (Dean y Sterr, 2013).

Gronwall y Wrightson (1975) evaluaron a veinte adultos jóvenes que habían sufrido dos lesiones de conmoción sucesivas y los compararon con un grupo que había sufrido una sola conmoción y con otro grupo control que no había sufrido ninguna conmoción. Los pacientes que habían sufrido la conmoción doble se desempeñaron en un menor rango en procesamiento de información en comparación con los otros dos grupos. Por lo tanto los investigadores concluyen que la conmoción cerebral parece tener efectos que son acumulativos en el desempeño del PASAT.

Respecto a las afectaciones neuropsicológicas asociadas a la práctica del

deporte, se sabe que las lesiones cerebrales leves son muy comunes en los deportes. Se ha descrito que los deportes de equipo como el hockey y el fútbol podrían tener los niveles más altos de conmoción cerebral (Schulz et al., 2004; Tommasone y McLeod, 2006). Barth, Freeman y Broshek (2002) reportaron que el historial de conmoción varía en los atletas dependiendo de los deportes: ecuestre (3% – 91%), box (1% - 70%), rugby (2% – 25%), soccer (4% – 22%) y fútbol americano (2% - 20%).

Jugadores de *fútbol soccer* que han sufrido de conmoción cerebral repetidamente presentan un peor desempeño ante pruebas neuropsicológicas (Matser, Kessels, Lezak, Jordan y Troost, 1999) y también se ha encontrado que los jugadores de fútbol conocidos por “cabecear” el balón se reporta que muestran una incidencia más alta de afectación neuropsicológica que aquellos que no solían hacerlo (Matser, Kessels, Lezak, Jordan y Troost, 1999; Tysvaer y Storli, 1989;).

Se ha encontrado también que los boxeadores profesionales se encuentran en riesgo de desarrollar daño cerebral (Ryan, 1998). El autor argumenta que la considerable preocupación hacia la producción de encefalopatía crónica asociada con los efectos a largo plazo de la lesión cerebral repetida como resultado del boxeo, se encuentra totalmente justificada por muchos estudios de boxeadores vivos y exámenes patológicos de cerebros de ex boxeadores hechos y registrados a lo largo de los años desde 1952. Estos indican claramente una relación significativa entre el número de episodios combatidos, la presencia y gravedad de la encefalopatía crónica.

De un modo similar, se encontró que jinetes que reportaban lesiones múltiples de manera previa mostraban una disminución en sus respuestas de inhibición y un compromiso menos consistente en atención dividida en comparación con los jinetes que solamente habían reportado una lesión previa (Wall et al., 2006).

Kraus y colaboradores (2017) demostraron por medio de una técnica de potenciales evocados auditivos llamada “*frequency following response*”, la cual se caracteriza por medir la integridad del procesamiento del sonido en el cerebro, que una sola concusión puede dejar secuelas a largo plazo en el funcionamiento cerebral, aun cuando la persona no manifieste signos conductuales. Dicho hallazgo se basó en la aplicación de la técnica en jugadores de futbol americano que previamente habían tenido una única concusión, comparando su respuesta cerebral ante estímulos verbales, con un grupo control de jugadores. De este modo, encontraron que el grupo con una sola concusión previa, presentaba una respuesta fisiológica de menor frecuencia, en comparación con los que nunca habían experimentado una.

Como se mencionó previamente, uno de los riesgos de los deportes de contacto se relaciona con la posibilidad de presentar golpes directos en la cabeza, y con ello afectaciones neurológicas.

Por lo que es importante aumentar los estudios acerca de las características de las conmociones cerebrales, y las secuelas cognitivas que se han descrito en relación a diferentes etiologías y principalmente aquellas asociadas con la práctica de un deporte. La mayoría de las investigaciones plantean que estas secuelas son persistentes a largo plazo y que pueden ser evidentes a través de la evaluación neuropsicológica.

El objetivo del estudio fue describir las características neuropsicológicas en atención, memoria y funciones ejecutivas una muestra de deportistas de contacto con y sin historial de conmociones cerebrales.

Método

Diseño experimental: La presente investigación es un estudio no experimental de tipo transversal-descriptivo con un muestreo no probabilístico de participantes voluntarios (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

Participantes

Para esta investigación, se entrevistaron inicialmente a 34 deportistas, de los cuales se eligieron a 20 de ellos que cumplían con todos los criterios de inclusión: presentar visión/audición normal o corregida, tener un mínimo de tres meses de práctica de algún deporte de contacto, tener una escolaridad de 1 a 24 años y lateralidad diestra, zurda o ambidiestra. Mientras que los criterios de exclusión fueron: presentar alguna alteración visual y/o auditiva, haber pasado más de seis meses sin la práctica del deporte al momento del estudio, presentar alguna patología psiquiátrica y/o neurológica .

Todos los participantes fueron de lateralidad diestra, con un rango de edad entre 18 y 36 años ($M = 24.85$, $D.E. = 5.56$), de los cuales 65% ($n = 13$) eran hombres y 35% ($n = 7$) eran mujeres. También tenían una escolaridad alta, pues oscilaba entre los 12 y 17 años ($M = 14.55$, $D.E. = 1.64$). Ocho participantes reportaron haber presentado historial de conmoción, de los cuales 5 eran hombres y 3 mujeres.

En su mayoría (85%) realizaban un deporte de combate incluyendo diferentes disciplinas de las artes marciales: Aikido ($n = 1$), Artes Marciales Mixtas ($n = 2$), Artes Marciales Birmanas ($n = 1$), Bujinkan Budo Taijutsu ($n = 1$), Haidong Gumdo ($n = 2$), Karate Do ($n = 1$), Kick Boxing ($n = 1$), Kung Fu ($n = 2$), Tae Kwon Do ($n = 3$), Judo ($n = 1$) ; y en una menor proporción se incluyeron deportistas que realizaban deportes de pelota (15%), de manera más específica Fútbol Americano ($n = 3$), y Fútbol 7 ($n = 1$). El tiempo que llevaban de práctica los participantes al momento del estudio, osciló entre un mínimo de 3 y un máximo de 324 meses ($M = 72.15$, $D.E. = 86.96$), y las horas que llevaban de práctica se encontró entre 1 y 12 horas a la semana ($M = 7.15$, $D.E. = 3.32$).

Instrumentos

Se seleccionaron con base en su pertinencia, validez y confiabilidad para la evaluación de las secuelas de conmoción cerebral, y para evaluación de atención, memoria y funciones ejecutivas.

Neuropsi Atención y Memoria (Ostrosky–Solís, Gómez, Matute, Roselli, Ardila y Pineda., 2003).

La evaluación neuropsicológica se realizó con la prueba NEUROPSI Atención y Memoria (Ostrosky-Solís, Gómez, Matute, Roselli, Ardila y Pineda, 2003). Este instrumento fue diseñado para evaluar en detalle diversos tipos de atención entre los que se encuentran la atención selectiva, sostenida y el control atencional; así como tipos y etapas de memoria incluyendo memoria de trabajo, y memoria a corto y largo plazo para material verbal y visoespacial. Cada área se explora por medio de subpruebas en las que se incluyen orientación (tiempo, persona y espacio), atención (selectiva y sostenida), memoria verbal y no verbal (codificación, almacenamiento y evocación) y funciones frontales (premotoras y conceptuales). La prueba permite obtener un índice de ejecución global: “Total Atención y Memoria” que puede dividirse en dos puntuaciones: “Total Atención y Funciones ejecutivas” y “Total Memoria”. Los resultados de estos índices se expresan en puntuaciones normalizadas con una media de 100 y una desviación estándar de 15. Asimismo los datos naturales de la subpruebas se convierten a puntuaciones normalizadas con una media de 10 y una desviación estándar de 3. Los reactivos están adaptados a la población hispanohablante y se pueden utilizar en población analfabeta. Tiene normas obtenidas en población mexicana, considerando 9 niveles de edad (6-7,8-9,10-11,12-13,14-15,16-30,31-55,56-64 y 65-85 años) y tres niveles de escolaridad (0-3, 4-9,y mas de 10 años de estudios). Los datos crudos pueden ser graficados en un perfil, lo que permite explorar de manera rápida y concisa las áreas del funcionamiento cognoscitivo que podrían estar afectadas, mientras que con el puntaje total de atención y memoria normalizado es posible clasificar la ejecución de una persona dentro de un rango normal, alteraciones de leves a moderadas o alteraciones severas.

Herramienta de Evaluación de Conmoción en el Deporte 3 / Sport Concussion Assesment Tool, SCAT - 3 (Concussion in Sport Group, 2013).

Evalúa los síntomas somáticos persistentes después de una conmoción cerebral, y realizar una evaluación breve de las posibles secuelas neurológicas y cognitivas, se utilizó la “Herramienta de Evaluación de Conmoción en el Deporte - 3”. Es una herramienta estandarizada para evaluar atletas lesionados por conmoción y puede ser utilizada en atletas de 13 años en adelante. La guía se divide en 9 sub-pruebas, cada una con una calificación propia, que al final su suma debe dar 100 en una persona normal. Las sub-pruebas son: calificación de síntomas (22 puntos), calificación de signos físicos (2 puntos), puntuación de coma de Glasgow (E + V + M) (15 puntos), calificación de evaluación de balance (30 puntos), calificación de la coordinación (1 punto), calificación de orientación (5 puntos), prueba de memoria inmediata (15 puntos), prueba de concentración (5 puntos) y prueba de memoria retardada (5 puntos). Al fallar o cometer errores en las sub-pruebas, el puntaje final baja e indica alguna probable alteración causada por una conmoción cerebral. Aún no ha sido estandarizada en población mexicana; pero la adaptación al español fue realizada por Ortiz Ramírez y Murguía Cánovas (2017) mediante la aplicación a una muestra de 99 deportistas, estudiantes de la Universidad del Fútbol y Ciencias del Deporte, entre los 13 y 22 años de edad, y reportan un puntaje promedio de 85.9 (D.E. = 6.7). No obstante, los autores señalan que en dicha evaluación, no encontraron una correlación entre las puntuaciones bajas y el historial de conmoción, por lo que advierten que debe aplicarse para obtener una puntuación basal de un grupo determinado de deportistas antes de una temporada en vez de considerar puntos de corte.

Procedimiento

Se realizó el reclutamiento mediante una convocatoria por medios visuales y a través de la transmisión de información por medio audioverbal dentro de la comunidad deportiva, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Una vez reclutados y seleccionados los candidatos, se les realizó la invitación a participar en el estudio de manera voluntaria, indicándoles de manera general el objetivo del estudio y que debían contestar algunas pruebas de manera verbal o por ejecución, se procedió a que firmaran el consentimiento informado.

Posteriormente, se llevó a cabo la entrevista, la aplicación del SCAT y del Neuropsi Atención y Memoria.

Mediante una entrevista estructurada se indagó acerca de las características de su práctica deportiva (tipo de deporte, tiempo y frecuencia de la práctica), sobre su historial de conmoción cerebral (se daba una explicación previa acerca de este tipo de lesiones para determinar su presencia y cantidad), y acerca de la presencia de otras patologías psiquiátricas que pudieran ser motivo de exclusión del estudio. Para una aplicación óptima de las pruebas se tomaba en cuenta que las pruebas debían ser aplicadas en una sola sesión; así como los factores internos de los participantes (que no estuvieran desvelados, que estuvieran bien hidratados, que no estuvieran en ayuno, etc.), y los factores externos o ambientales, cuidando que tuvieran una adecuada iluminación y estuvieran exentos de ruido. Los resultados fueron entregados a cada uno de los participantes. Finalmente, la información fue capturada en una base de datos para su análisis estadístico.

Análisis de Datos

Los datos fueron analizados en una hoja de cálculo dentro del programa estadístico: “*IBM SPSS Statistics versión 22*”.

Para las pruebas neuropsicológicas, se utilizó también estadística descriptiva para determinar la distribución de frecuencias, la media y desviación estándar de los puntajes obtenidos por subprueba y/o puntuaciones totales.

Finalmente, para la comparación de los resultados de las pruebas entre los grupos con y sin conmoción cerebral, se utilizaron las pruebas estadísticas *T de student para muestras independientes*, así como *U de Mann-Whitney*.

Resultados

Para las evaluaciones cognitivas, el grupo con conmoción cerebral presentó puntuaciones bajas de manera consistente en los totales de las pruebas aplicadas (tabla 1).

Tabla 1 .Resultados Totales Neuropsicológicos por Historial de Conmoción Cerebral

	Con conmoción	Sin conmoción	t	p
	M/DE	M/DE		
SCAT-3	27.38/1.60	27.75/1.54	0.44	0.67
Evaluación cognitiva				
Neuropsi Atención y F.E.	114.75/10.36	116.92/13.0	0.39	0.70
Neuropsi Memoria	92.38/18.81	99.50/16.56	0.89	0.38
Neuropsi A y M Total	100.63/15.91	106.75/16.22	0.83	0.42

Nota. $p < 0.05$

Respecto a la evaluación con el SCAT-3, se puede observar que el grupo sin conmoción cerebral reporta un menor número de síntomas, y que en la demás subpruebas obtienen un resultado bastante similar. De hecho, al realizar la prueba estadística correspondiente (U de Mann Whitney) para comparar el desempeño entre ambos grupos, no se encontró que ninguna de las diferencias observadas tuviera una significancia estadística (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de Evaluación de Conmoción Cerebral por Historial de Conmoción Cerebral

SCAT-3	Con conmoción	Sin conmoción	Sig.

	M/DE	M/DE	
Número de síntomas	6.0/3.21	4.08/3.85	0.23
Severidad de síntomas	9.13/5.38	7.83/9.31	0.23
Orientación	4.88/0.35	4.92/0.29	0.91
Memoria inmediata	14.88/0.35	14.83/0.39	0.91
Concentración	3.38/0.52	3.58/0.67	0.57
Evocación	4.25/1.16	4.42/1.16	0.79
Total escala cognitiva	27.25/1.75	27.58/1.51	0.62
Examen cuello	1.00/0.00	1.00/0.00	--
Balance total	4.75/2.60	4.42/3.00	0.73
Coordinación superior	1.00/0.00	1.0/0.00	--

Con la finalidad de comparar los resultados de la batería *Neuropsi Atención y Memoria* entre los grupos de deportistas con historial de conmoción y sin historial de conmoción cerebral, se realizó un análisis estadístico (U de Mann-Whitney), encontrándose que existe una diferencia estadísticamente significativa en la diferencia encontrada para *Memoria verbal reconocimiento* que favorece al grupo sin conmoción cerebral, no fueron encontradas diferencias en las demás subpruebas de la batería neuropsicológica (tabla 3).

Tabla 3. Media desviación estándar de subprueba Memoria Verbal de la batería neuropsicológica Neuropsi Atención y Memoria en donde fueron encontradas diferencias significativas de acuerdo al Historial de Conmoción Cerebral.

NEUROPSI A Y M	Con Conmoción		Sin Conmoción		Sig.
	M	D.E.	M	D.E.	
Orientación total	6.88	0.35	7.00	0.00	0.68
Dígitos progresión	6.38	0.92	6.08	0.51	0.52
Cubos progresión	6.38	1.06	6.42	1.31	0.73
Detección visual aciertos	22.50	1.85	22.33	2.67	0.91
Detección de dígitos total	9.88	0.35	9.92	0.29	0.91
Series sucesivas	2.50	0.93	2.33	1.23	0.91
Formación de categorías	21.25	3.49	22.00	3.81	0.52
Fluidez verbal semántica	24.38	3.54	22.83	4.41	0.38
Fluidez verbal semántica reclasificada	3.75	0.46	3.42	0.90	0.62
Fluidez verbal fonológica	17.88	5.46	18.42	3.58	0.91
Fluidez verbal fonológica reclasificada	3.63	0.74	3.67	0.49	0.91
Fluidez no verbal	18.00	6.82	16.58	5.50	0.68
Fluidez no verbal reclasificada	3.25	0.89	3.33	0.89	0.85
Funciones motoras total	19.13	0.83	19.67	0.49	0.18
Stroop tiempo	30.50	5.81	25.67	3.14	0.82
Stroop tiempo reclasificada	3.63	0.52	3.92	0.29	0.31
Stroop aciertos	34.88	1.64	35.50	0.90	0.31
Stroop aciertos reclasificada	3.13	0.99	3.58	0.90	0.21
Dígitos regresión	4.50	0.76	4.83	1.11	0.62
Cubos regresión	5.88	1.55	6.08	0.67	0.38
Curva de memoria volumen promedio	7.63	1.30	8.08	1.38	0.47
Pares asociados volumen promedio	9.50	1.20	9.83	1.95	0.47
Memoria lógica codificación historias	10.75	3.20	10.63	2.32	0.73
Memoria lógica codificación temas	4.75	0.46	4.79	0.50	0.85
Figura de Rey codificación	27.31	5.16	29.54	3.80	0.34
Caras codificación	4.00	0.00	4.00	0.00	1.00
Memoria verbal espontánea total	7.75	2.19	8.33	1.78	0.62
Memoria verbal por claves total	8.63	1.06	9.58	1.73	0.16
Memoria verbal reconocimiento total	10.50	1.31	11.58	0.67	0.05*
Pares asociados evocación total	11.63	0.74	11.42	1.51	0.85
Memoria lógica evocación historias	10.25	3.06	10.08	2.89	1.00
Memoria lógica evocación temas	4.88	0.35	4.75	0.40	0.52
Figura de Rey evocación	21.69	5.03	23.33	5.02	0.43
Evocación de nombres	5.00	2.00	5.08	1.68	0.91
Reconocimiento de caras total	1.13	0.83	1.50	0.52	0.38
TOTAL ATENCIÓN Y F.E.	114.75	10.36	116.92	13.03	0.85
TOTAL MEMORIA	92.38	18.81	99.50	16.56	0.52
TOTAL NEUROPSI A. Y M.	100.63	15.91	106.75	16.22	0.52

Nota. *p < 0.05

Discusión

La actividad física constante conlleva beneficios a nivel cognitivo, que se han demostrado a través del aumento del volumen cerebral y de un mejor desempeño en las pruebas neuropsicológicas (Chaddock et al., 2010; Liu-Ambrose, 2010; Niemann et al., 2014; Radak et al., 2006; Trejo, Carro y Torres-Alemán, 2001).

En el caso de los deportes de contacto, una variable que se debe considerar por su influencia en el rendimiento cognitivo es el factor de las conmociones cerebrales, pues existen diversas investigaciones que señalan que una simple conmoción puede ocasionar secuelas permanentes a nivel cerebral, aun cuando las personas no reporten síntomas relacionados; y también se ha demostrado que mientras más sean las conmociones acumuladas, mayores pueden ser las afectaciones cognitivas (Barth et al., 1983; Daneshvar et al., 2011; Dean y Sterr, 2013; Howell et al., 2013; McKee, 2014; Omalu et al., 2005; Quintana, 2016).

La conmoción cerebral es un proceso fisiopatológico complejo, que afecta el cerebro, inducido por fuerzas biomecánicas traumáticas. De manera típica puede desencadenar en un trastorno de las funciones neurológicas de corta duración, que se resuelve espontáneamente; sin embargo, en algunos casos, los síntomas y signos pueden evolucionar. Los síntomas clínicos y cognitivos también suele seguir un curso secuencial; sin embargo, en algunos casos pueden ser prolongados (McCrorry et al., 2013).

Respecto a la evaluación cognitiva del SCAT-3, los deportistas de contacto obtuvieron un promedio de 27.45, lo cual se acerca bastante al máximo establecido en la prueba (30); demostrando que en promedio se encontraban bien orientados, y con una capacidad adecuada para codificar y evocar al menos 5 elementos de una lista de palabras. Sin embargo, por sí misma, no pareciera tener la sensibilidad suficiente para distinguir quiénes han sufrido conmoción cerebral después de que ha pasado el periodo agudo anteriormente mencionado; o bien, es probable que la persistencia de síntomas (somáticos y cognitivos) no persistiera en todos los participantes.

La herramienta de conmoción (SCAT-3) debe ser aplicada por un profesional de la salud con conocimiento, quien debe interpretar en conjunto los resultados de los diferentes dominios: síntomas somáticos, signos físicos, cambios comportamentales, trastornos del dormir; para poder indicar el tratamiento correspondiente y de ser necesario canalizar con otros profesionales, como podría ser para la realización de una evaluación neuropsicológica más profunda (McCrary et al., 2013).

Al analizar de manera detallada el desempeño de los deportistas con respecto a su historial de conmoción cerebral, se encontró que el grupo con conmoción cerebral presentó un peor desempeño para las subpruebas de Memoria y de manera más específica, para tareas verbales. Al hacer las pruebas estadísticas correspondientes, se encontró que la diferencia presentada en la subprueba de Memoria verbal (reconocimiento), la cual fue de 10.50 en comparación con 11.58 fue estadísticamente significativa. Estos resultados son congruentes con las investigaciones que señalan la persistencia de afectación en memoria de manera posterior a un traumatismo craneoencefálico (TCE) (Zec et al., 2001); y que de acuerdo con los resultados de Bigler et al. (1996) parece asociarse con una atrofia hipocampal que incluso afecta más al hipocampo izquierdo como resultado del TCE.

De manera adicional, los hallazgos apoyan que debido a las características específicas de cada deporte, se deben adoptar medidas de evaluación y tratamiento, tomando en cuenta que los deportistas son susceptibles de sufrir conmociones cerebrales repetidas, y que esto tiene su propio conjunto de consecuencias patológicas potenciales y secuelas neuropsicológicas que pueden ser diferentes de las lesiones cerebrales traumáticas que no se relacionan con los deportes (McKee et al., 2009).

En primera instancia, los hallazgos encontrados son sugestivos de ventajas o beneficios que pueden deberse tanto a la realización de la actividad física regular como a la práctica específica de las artes marciales. Actualmente existe una gran

cantidad de investigaciones que respaldan los beneficios cognitivos de la actividad física; ya que se ha visto que promueve la plasticidad cerebral sobre todo en el hipocampo (Berchtold, Chinn, Chou, Kesslak y Cotman, 2005; Cotman y Berchtold, 2002; Liu-Ambrose et al., 2010; Radak et al., 2006; Trejo, Carro y Torres-Alemán, 2001); aunque como se demostró en otra investigación, cuando el entrenamiento físico incluye actividades o tareas con una mayor demanda de coordinación física, los efectos neuroplásticos son más notorios a nivel de los ganglios basales, lo cual se asocia con un mejor desempeño en tareas de control atencional (Niemann et al., 2014).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: investigación y teoría. *Psicothema*, 11(4), 705 - 723. Recuperado de: <http://www.psycothema.com/pdf/323.pdf>
- Barth, J. T., Macciocchi, S. N., Giordani, B., Rimel, R., Jane, J. A., y Boll, T. J. (1983). Neuropsychological sequelae of minor head injury. *Neurosurgery*, 13(5), 529-533. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1028213/>
- Barth, J.T., Freeman, J.R. y Broshek, D.K. (2002). Mild head injury, en *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 3. Editado por Ramachandran, V. S. San Diego, California: Academic Press. 81 - 92.
- Berchtold, N. C., Chinn, G., Chou, M., Kesslak, J. P. y Cotman, C. W. (2005). Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus. *Neuroscience*, 133(3), 853-861. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306452205003659?via%3Dihub>
- Bigler, E. D. (2001). The lesion (s) in traumatic brain injury: Implications for clinical neuropsychology. *Archives of clinical neuropsychology*, 16(2), 95-131. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/e91c/283a9bd9cce1d035df4dd462ebfdb808c813.pdf>

- Cantu, R. C., Herring S. A., Putukian, M. (2007). Concussion. *New England Journal of Medicine*; 356(17):1787 - 1789. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4586991/>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Shaurya Prakash, R., Van Patter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., Kramer, A. F. (2010). Basal Ganglia Volume is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249 - 256. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3696376/pdf/dne-0032-0249.pdf>
- Concussion in Sport Group. (2013). *Sport Concussion Assessment Tool – 3rd edition*. British Medical Journal. Recuperado de: <http://bjsm.bmj.com>.
- Cotman, C. W., y Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in neurosciences*, 25(6), 295-301. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166223602021434?via%3Dihub>
- Dean, P. J., y Sterr, A. (2013). Long-term effects of mild traumatic brain injury on cognitive performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(30), 1-11. doi: 10.3389/fnhum.2013.00030. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569844/>
- Daneshvar, D. H., Riley, D. O., Nowinski, C. J., McKee, A. C., Stern, R. A. y Cantu, R. C. (2011). Long-term consequences: effects on normal development profile after concussion. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 22 (4), 683-700. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3208826/pdf/nihms-316875.pdf>
- Del Valle-del Valle, G., Puerta-Cuestas, M. V., Renau-Hernández, O., Noguera-Escalera, P., García-Blázquez, M. C., Ferri-Salvador, N., ... y Noé-Sebastián, E. (2008). Utilidad clínica de la versión de 64 cartas del test de clasificación de cartas de Wisconsin en pacientes que han sufrido un traumatismo craneoencefálico. *Revista de Neurología*, 46(3), 142-146. Recuperado de: <https://www.neurologia.com/articulo/2007236>
- Estévez-González, A., García-Sánchez, C. y Junqué, C. (1997). La atención: una compleja función cerebral. *Revista de neurología*, 25 (148), 1989-1997. Recuperado de: <https://www.neurologia.com/articulo/97483>
- Fuster, J.M. (1995). *Memory in the cerebral cortex: An empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Gronwall, D. y Wrightson, P. (1975). Cumulative effect of concussion. *The Lancet*, 306 (7943), 995-997. Recuperado de:
[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140-6736\(75\)90288-3](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140-6736(75)90288-3)
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación, cuarta edición. México: Mc Graw Hill.
- Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., y De Haan, E. H. (2000). The Corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied neuropsychology*, 7(4), 252-258. Recuperado de:
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15324826AN0704_8
- Kraus, N., Lindley, T., Colegrove, D., Krizman, J., Otto-Meyer, S., Thompson, E. C., y White-Schwoch, T. (2017). The neural legacy of a single concussion. *Neuroscience letters*, 646, 21-23. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394017302100?via%3Dihub>
- Howell, D., Osternig, L., Van Donkelaar, P., Mayr, U., y Chou, L. S. (2013). Effects of concussion on attention and executive function in adolescents. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 45(6), 1030-1037. Recuperado de:
<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=23274602>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. y Jessel, T. M. (2000). Principles of neural science. Nueva York: McGraw-Hill.
- Kneebone, A. C., Lee, G. P., Wade, L. T., y Loring, D. W. (2007). Rey Complex Figure: figural and spatial memory before and after temporal lobectomy for intractable epilepsy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(4), 664-671. Recuperado de:
https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/CD79FC5DE2228C8858A0D10E3F11CAB5/S1355617707070828a.pdf/rey_complex_figure_figural_and_spatial_memory_before_and_after_temporal_lobectomy_for_intractable_epilepsy.pdf
- Kolb, B., Wishaw, I.Q. (2007). Fundamentals of human neuropsychology (6th ed). Nueva York: Worth Publishers.
- Lezak, M. D., Howieson, D.B., Bigler, E. D. y Tranel, D. (2012). Neuropsychological Assessment. Fifth Edition. Nueva York, Nueva York: Oxford.
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., y Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, 170(2), 170-178. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3448565/>

- Loring, D. W., Strauss, E., Hermann, B. P., Barr, W. B., Perrine, K., Trenerry, M. R. y Bowden, S. C. (2008). Differential neuropsychological test sensitivity to left temporal lobe epilepsy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(3), 394-400. Recuperado de: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/EC5BFB950230069526552B2AAFE79714/S1355617708080582a.pdf/differential_neuropsychological_test_sensitivity_to_left_temporal_lobe_epilepsy.pdf
- Luck, y Mangun, (2009). En *The Cognitive Neurosciences, Fourth Edition*. Gazzaniga, M. S. (Editor). London: Massachusetts Institute of Technology.
- Matser, E. J., Kessels, A. G., Lezak, M. D., Jordan, B. D., y Troost, J. (1999). Neuropsychological impairment in amateur soccer players. *JAMA*, 282(10), 971-973. Recuperado de: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/191458>
- McCrory, P., Meeuwisse, W. H., Aubry, M., Cantu, B., Dvořák, J., Echemendia, R. J. y Sills, A. (2013). Consensus statement on concussion in sport: the 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. *British Journal of Sports Medicine*, 47(5), 250-258. [Recuperado de: https://bjsm.bmj.com/content/47/5/250.long](https://bjsm.bmj.com/content/47/5/250.long)
- McKee, A. C., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E., y Stein, T. D. (2014). The neuropathology of sport. *Acta neuropathologica*, 127(1), 29-51. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4255282/>
- McKee, A. C., Cantu, R. C., Nowinski, C. J., Hedley-Whyte, E. T., Gavett, B. E., Budson, A. E., ... y Stern, R. A. (2009). Chronic traumatic encephalopathy in athletes: progressive tauopathy after repetitive head injury. *Journal of Neuropathology y Experimental Neurology*, 68(7), 709-735. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2945234/>
- Niemann, C., Godde, B., Staudinger, U. M., y Voelcker-Rehage, C. (2014). Exercise-induced changes in basal ganglia volume and cognition in older adults. *Neuroscience*, 281, 147-163. Recuperado de: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306-4522\(14\)00784-2](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306-4522(14)00784-2)
- Omalu, B. I., DeKosky, S. T., Minster, R. L., Kamboh, M. I., Hamilton, R. L., y Wecht, C. H. (2005). Chronic traumatic encephalopathy in a National Football League player. *Neurosurgery*, 57(1), 128-134. Recuperado de: http://www.ringsidearp.org/Resources/Documents/Lectures%20and%20Articles/Cantu_Chronic_traumatic_encephalopathy_in_the_NFL.pdf
- Ostrosky-Solís, F., Gómez-Pérez, E., Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., Pineda, D., y Lopera, F. (2003). *Batería Neuropsicológica NEUROPSI Atención y Memoria, 6 a 85 años de edad*. México: American Bookstore.

- Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (2007). Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science. *Annual Review of Psychology*, 58, pp. 1 - 23. Recuperado de:
https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.psych.58.110405.085516?url_ver=Z39.88-2003yfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.orgyfr_dat=cr_pub%3Dpubmed
- Quintana, L. M. (2016). Second impact syndrome in sports. *World neurosurgery*, 91, 647-649. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878875016301620?via%3Dihub>
- Radak, Z., Toldy, A., Szabo, Z., Siamilis, S., Nyakas, C., Silye, G., ... y Goto, S. (2006). The effects of training and detraining on memory, neurotrophins and oxidative stress markers in rat brain. *Neurochemistry international*, 49(4), 387-392. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197018606000957?via%3Dihub>
- Ruff, R. M., Evans, R., y Marshall, L. F. (1986). Impaired verbal and figural fluency after head injury. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 1(2), 87-101.
<https://psycnet.apa.org/record/1988-36294-001>
- Schulz, M.R., Marshall, S.W., Mueller, F.O., Yang, J., Weaver, N. L., Kalsbeek, W. D. y Bowling, J. M. (2004). Incidence and risk factors for concussion in high school athletes, North Carolina, 1996 - 1999. *American Journal of Epidemiology*, 160(10), 937-944. Recuperado de:
<https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/aje/kwh304>
- Solís, H., y López-Hernández, E. (2009). Neuroanatomía funcional de la memoria. *Archivos de Neurociencias (Mex)*, 14(3), 176-187. Recuperado de:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2009/ane093f.pdf>
- Scoville, W.B., Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry*, 20(1), 11-21. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13406589>
- Sullivan, E. V., Corkin, S. y Growdon, J. H. (2009). Verbal and nonverbal short-term memory in patients with Alzheimer's disease and in healthy elderly subjects. *Developmental Neuropsychology*, 2(4), 387-400. Recuperado de:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87565648609540356>
- Tommasone, B. A., y Valovich McLeod, T. C. (2006). Contact sport concussion incidence. *Journal of athletic training*, 41(4), 470. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1748409/>

- Trejo, J. L., Carro, E., y Torres-Alemán, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates exercise-induced increases in the number of new neurons in the adult hippocampus. *Journal of Neuroscience*, 21(5), 1628-1634. Recuperado de:
<http://www.jneurosci.org/cgi/pmidlookup?view=longypmid=11222653>
- Tulving, E., y Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological review*, 80(5), 352. Recuperado de:
<http://alicekim.ca/9.ESP73.pdf>
- Tysvaer, A. T., y Storli, O. V. (1989). Soccer injuries to the brain: A neurologic and electroencephalographic study of active football players. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(4), 573-578. Recuperado de:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1600-0404.1989.tb03858.x>
- Van Zomeren A.H., y Brouwer W. H. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. New York: Oxford University Press.
- Wall, S. E., Williams, W. H., Cartwright-Hatton, S., Kelly, T. P., Murray, J., Murray, M., Owen, A. y Turner, M. (2006). Neuropsychological dysfunction following repeat concussions in jockeys. *Journal of Neurology, Neurosurgery y Psychiatry*, 77(4), 518-520. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2077488/pdf/518.pdf>
- Williams, W. H., Potter, S. y Ryland, H. (2010). Mild Traumatic Brain Injury and Post Concussion Symptoms: a Neuropsychological Perspective. *Journal of Neurology, Neurosurgery y Psychiatry*, 81, 10, 1 – 27. doi: 10.1136/jnnp.2008.171298 Recuperado de:
<http://jnnp.bmj.com/cgi/pmidlookup?view=longypmid=20802217>
- Yokota, H., y Ida, Y. (2016). Acute subdural hematoma in a judo player with repeated head injuries. *World neurosurgery*, 91, 671-673. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878875016300298?via%3Dihub>
- Zec, R. F., Zellers, D., Belman, J., Miller, J., Matthews, J., Ferneau-Belman, D., y Robbs, R. (2001). Long-term consequences of severe closed head injury on episodic memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(5), 671-691. Recuperado de:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/jcen.23.5.671.1247>