

**Cita: Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C. (2019). Evaluación Neuropsicológica de Conmoción Cerebral: Estudio de Caso de un Jugador de Fútbol Americano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 20(1), 236-251**

## **Evaluación Neuropsicológica de Conmoción Cerebral: Estudio de Caso de un Jugador de Fútbol Americano**

### **Neuropsychology Evaluation of Concussion: Case Study of a Football Player**

### **Avaliação neuropsicológica da concussão: estudo de caso de um jogador de futebol**

Ortiz-Jiménez, X.<sup>1, 2</sup>, Akena-Fernández, M.<sup>1</sup>, Saldaña-Muñoz, B.<sup>2</sup>, Rincón-Campos, Y.<sup>3</sup>, Góngora-Rivera, F.<sup>2,4</sup>, Arango-Lasprilla, J.C.<sup>5,6,7</sup>

*<sup>1</sup>Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México; <sup>2</sup>Unidad de Neuromodulación y Plasticidad Cerebral. Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Nuevo León, México; <sup>3</sup>Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León, México; <sup>4</sup>Servicio de Neurología, Hospital Universitario "José Eleuterio González", Universidad Autónoma de Nuevo León, México; <sup>5</sup>Biocruces Bizkaia Health Research Institute, Barakaldo (Spain); <sup>6</sup>Ikerbasque Basque Foundation for Science, España, <sup>7</sup>Department of Cell Biology, University of the Basque Country (UPV/EHU), Leioa (Spain)*

#### **RESUMEN**

La conmoción cerebral (CC) es la principal causa de lesión en deportistas de contacto siendo el fútbol americano (FA) uno de los más populares. La CC puede producir una amplia gama de síntomas físicos, cognitivos y emocionales. El objetivo fue evaluar el funcionamiento cognitivo de un jugador de FA categoría mayor, de 23 años de edad y 15 años de escolaridad, antes y después de haber presentado una CC. El jugador respondió los siguientes instrumentos: Test de MoCA, Dígitos y Cubos en regresión, Detección Visual, Fluidez Verbal Semántica, test de Stroop, Torre de Hanoi, Cartas de Wisconsin. Se estableció su perfil cognitivo basal en pretemporada y se reevaluó durante la temporada una semana posterior a una CC. El perfil basal mostró resultados dentro de los rangos esperados. En la fase aguda de la CC, el jugador disminuyó su rendimiento en tareas de velocidad de procesamiento, atención sostenida, inhibición y planeación.

**Palabras clave:** neuropsicología, fútbol, cognición, conmoción cerebral.

#### **ABSTRACT**

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

Concussion (CC) is the main cause of injury in contact athletes being American football (AF) one of the most popular. CC can produce a wide range of physical, cognitive and emotional symptoms. The objective was to evaluate the cognitive functioning of a senior AF player, 23 years of age and 15 years of schooling, before and after having presented a CC. The following evaluation instruments were administered to the player: MoCA test, Digits and Cubes in regression, Visual Detection, Semantic Verbal Fluency, Stroop test, Tower of Hanoi and Wisconsin Card. His baseline cognitive profile was established in pre-season and was reassessed during the season a week after a CC. In the pre-season evaluation the player presented a cognitive profile within the expected ranges for their age and schooling. In the acute phase of CC, the player decreased his performance in processing speed tasks, sustained attention, inhibition and planning.

**Keywords:** neuropsychology, football, cognition, concussion.

### RESUMO

A concussão (CC) é a principal causa de lesão em atletas de contato, sendo o futebol americano (FA) um dos mais populares. O CC pode produzir uma ampla gama de sintomas físicos, cognitivos e emocionais. O objetivo foi avaliar o funcionamento cognitivo de um jogador sênior de FA, 23 anos e 15 anos de escolaridade, antes e depois de apresentar um CC. Os seguintes instrumentos de avaliação foram administrados ao jogador: Teste MoCA, dígitos e cubos em regressão, detecção visual, fluência verbal semântica, teste Stroop, torre de Hanói e Wisconsin. Seu perfil cognitivo de base foi estabelecido na pré-temporada e reavaliado durante a temporada uma semana após um CC. Na avaliação pré-temporada, o jogador apresentou um perfil cognitivo dentro dos limites esperados para idade e escolaridade. Na fase aguda do CC, o jogador diminuiu seu desempenho nas tarefas de velocidade de processamento, atenção sustentada, inibição e planejamento.

**Palavras chave:** neuropsicologia, futebol, cognição, concussão

### INTRODUCCIÓN

La neuropsicología es la rama de la Psicología que se encarga de estudiar la relación que existe entre el cerebro y la conducta. Concibe la organización cerebral como un sistema funcional en el que, para llevar a cabo una actividad, por ejemplo, atrapar un balón, se requiere de la participación de diversas áreas cerebrales (Lezak, Howieson, Bigler y Tranel, 2012). La neuropsicología utiliza como método la evaluación neuropsicológica para determinar el estado de las funciones cognitivas como la atención, la memoria, el lenguaje y las funciones ejecutivas, tanto en personas sanas como en quienes han tenido un daño cerebral (Sandel, Reynolds, Cohen, Gillie y Kontos, 2017).

En el ámbito deportivo cada vez es más común que el neuropsicólogo forme parte del equipo multidisciplinario integrado por psicólogos del deporte (Peris-Delcampo y Cantón-Chirivella, 2018), médicos del deporte (Manonelles-Marqueta y Del Valle-Soto, 2011) y que contribuya en el desarrollo de tareas para evaluar los efectos de la práctica deportiva en contextos académicos (Domínguez González,

Moral Campillo, Reigal y Hernández Mendo, 2018), o para conocer el efecto que tiene la actividad física sobre el funcionamiento del cerebro y finalmente para estudiar los procesos cognitivos en aquellos deportistas que han sufrido una lesión cerebral (Salas Cabrera, Herrera González, Garcés Fayos Ruíz, Herrera Monge, Brenes Bolívar y Monge Ramos, 2017).

En los deportes de contacto como el fútbol soccer, el box y el fútbol americano la probabilidad de tener un traumatismo craneoencefálico o una conmoción cerebral asociada al deporte es elevada debido a los constantes golpes en la cabeza que suelen presentar estos deportistas (Fürstl, Haass, Hemmer, Meyer y Halle, 2010). Se estima que al año ocurren hasta 300,000 conmociones cerebrales (CC) en jugadores de fútbol americano colegial, amateur o profesional (Guskiewicz, et al., 2003; Ortiz y Murguía Cánovas, 2013).

La conmoción cerebral asociada al deporte se refiere a la lesión cerebral traumática que ocurre después de

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

recibir un golpe en la cabeza de manera directa, por ejemplo casco con casco en el caso del fútbol americano, o bien por una caída durante una jugada en donde el jugador es derribado por su oponente y al caer se golpea la cabeza. Los síntomas de la CC pueden ser leves o severos, y durar horas o incluso meses, y es importante señalar que no siempre ocurre pérdida de conciencia o desmayos (McCrary, et al., 2017).

Cuando ocurre una CC, en la fase aguda, puede haber algún cambio microscópico en el cerebro como el estiramiento y ruptura de los axones, lo cual ha sido reportado en sólo el 25% de los casos a los que se realiza una Resonancia Magnética (RM), ya que en la Tomografía Axial Computarizada (TAC) sólo se observa únicamente cuando la CC es moderada o severa. En la fase de postconmoción, ocurren otros procesos fisiológicos y neuroquímicos en donde se libera glutamato en el espacio extracelular afectando el funcionamiento de los receptores N-metil-D-aspartato. La activación de estos receptores conduce a la entrada de calcio a través de canales activados o a través de la liberación de reservas de calcio intracelular. El aumento de calcio produce una neurotoxicidad intracelular, aumentando la citosina, la cual inflama la célula y posteriormente le provoca la muerte (Kochanek, et al., 2000). Durante todo este proceso ocurre una inflamación cerebral como consecuencia de la CC (Norton, 2018; Rădoi, et al., 2016).

Estos cambios fisiológicos y neuroquímicos suelen producir una amplia gama de síntomas neurológicos, cognitivos y emocionales, entre los que destacan la cefalea, náuseas, vómitos, mareo, sensibilidad a la luz y al ruido, visión borrosa y alteración del equilibrio, pérdida de conciencia, la cual se produce en menos del 10% de los casos (Jiménez, 2017). Entre los síntomas emocionales que pueden presentarse después de una CC están la labilidad emocional, irritabilidad, baja tolerancia a la frustración, cambios en la personalidad, nerviosismo, ansiedad, tristeza o depresión, entre otros (Landry, 2002; Patel, Shivdasani y Baker, 2005; McCrary, et al., 2009; Ma, et al., 2012). Con respecto a los síntomas cognitivos, la mayoría de los estudios mencionan alteraciones en la velocidad de procesamiento cognitivo, la concentración, la memoria, el aprendizaje verbal y las funciones ejecutivas (McCrary, et al., 2017; Norton, 2018; Rădoi, et al., 2016).

Aunque los síntomas suelen variar de persona a persona, es común encontrar que en los primeros días posteriores a la CC las personas reportan más síntomas, los cuales suelen mejorar o desaparecer después de una a tres semanas (Bleiberg, et al., 2004), o de uno a tres meses (Carroll, et al., 2014). Sin embargo, se ha encontrado que un porcentaje pequeño de personas continúan teniendo síntomas incluso meses después de haber sufrido la CC. (Guskiewicz, et al., 2004).

Muchos atletas no son conscientes de los síntomas que se producen luego de una CC, y en los casos que estos suelen aparecer y ser evidentes para la persona, es común que los deportistas no digan nada por temor a que sean apartados del equipo y no puedan continuar jugando (Delaney, Caron, Correa y Bloom, 2018). En un estudio donde se evaluaron a 454 jugadores de fútbol americano, 106 reportaron haber tenido una CC, pero sólo 19 buscaron atención médica, el resto de los casos, es decir, 87 jugadores no reportaron los síntomas ni buscaron atención médica porque consideraron que la CC no era grave o severa, y que podían seguir jugando.

Lo anterior representa un riesgo para la salud de los jugadores ya que el presentar múltiples CC a lo largo de la vida puede ocasionar cambios en la estructura cerebral y podría llevarlos a presentar síntomas más severos o bien desarrollar una encefalopatía traumática crónica (McKee, et al., 2009, 2013; Omalu, et al., 2005, 2006), afectando a largo plazo su funcionamiento cognitivo, su autonomía y por consiguiente su calidad de vida (Langlois, Rutland-Brown, y Wald, 2006).

Debido a la amplia variabilidad en la presentación de los síntomas y en la tasa de recuperación después de una CC, la evaluación neurológica, cognitiva y emocional es indispensable para una mejor comprensión del fenómeno y disminuir el impacto que tiene en el atleta, la familia, y los entrenadores (Scolaro Moser, et al., 2007). En este sentido, la evaluación neuropsicológica se considera una “piedra angular” en la toma de decisiones clínicas y manejo de la CC, por lo que las ligas profesionales como la National Football League (NFL) y la National Hockey League (NHL) la han implementado como parte de sus programas (Arnett, Guty y Bradson, 2017; Echemendia, et al., 2012; 2013). Algunos protocolos neuropsicológicos sugieren la evaluación

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

pretemporada para poder conocer el funcionamiento cognitivo del deportista antes de la competición y en caso de que la persona sufra una CC poder evaluar el impacto de la misma en el funcionamiento cognitivo de la persona y planear estrategias de intervención y recuperación (Erlanger, et al., 2003), otros mencionan que la evaluación pretemporada no es necesaria o indispensable ya que los instrumentos o tareas que se utilizan para la evaluación neuropsicológica cuentan con datos normativos para la edad y escolaridad de los jugadores, por lo que la ejecución de la persona se puede comparar con aquellos datos normativos de la población en general (Echemendia, et al., 2013).

Actualmente, la evaluación neuropsicológica en el deporte cuenta con instrumentos breves estandarizados como el Standardised Assessment of Concussion (SAC, McCrea, 2001) y el Sport Concussion Assessment Tool-5 (SCAT-5, Echemendia, et al., 2017), que se aplican en la fase aguda y que incluyen preguntas de orientación, memoria verbal inmediata, dígitos en regresión, y velocidad de procesamiento. Estas son algunas de las tareas que han mostrado una mayor sensibilidad en la detección de las alteraciones cognitivas después de una lesión cerebral. Estos instrumentos resultan de mucha utilidad en el campo, sin embargo, no deben sustituir a la evaluación neuropsicológica completa ni a la interpretación que realiza el neuropsicólogo, deben ser complementarios (Echemendia, et al., 2013).

La mayoría de los estudios acerca de los efectos de la CC sobre los procesos cognitivos a corto y largo plazo se han realizado en países como Estados Unidos y Canadá (Delaney, Lacroix, Leclerc, y Johnston, 2002; Guskiewicz, et al., 2005; Mckee, et al., 2009; McKee, et al., 2013; Mez, et al., 2017). Sin embargo, en Latinoamérica y específicamente en México la literatura acerca de investigaciones sobre las CC en deportistas de fútbol americano y su efecto sobre el estado cognitivo son escasas o inexistentes (Ortiz y Murguía, 2013). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue realizar evaluaciones neuropsicológicas pretemporada y posttemporada de un equipo de futbol americano universitario, y acompañarlos durante los entrenamientos y competiciones oficiales de la temporada para que en caso de existir conmociones cerebrales evaluar en la fase aguda. En el presente artículo se presentarán los datos de la evaluación pretemporada de uno de los jugadores de este equipo

de futbol americano que sufrió una CC y su posterior seguimiento.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### *Diseño*

Se trata de un estudio de caso, observacional, no experimental, cuantitativo y longitudinal (Ato, López y Benavente, 2013).

#### *Participante*

Hombre de 23 años de edad y 15 años de escolaridad, con 1,73m de estatura y 80kg de peso. En esta investigación será identificado como J, quien ha practicado el futbol americano durante 17 años y durante la temporada agosto-noviembre de 2018 jugó como defensa en su equipo durante el campeonato de la liga mayor Mexicana.

#### *Instrumentos*

*A continuación se detallan los instrumentos de evaluación utilizados con el paciente J:*

*Cuestionario de datos generales.* Este cuestionario Incluyó preguntas sobre la edad, escolaridad, ocupación, lugar de residencia, consumo de sustancias, calidad de sueño, antecedentes de enfermedades heredofamiliares y personales, actividades diarias, tiempo jugando el deporte de contacto, posición de juego, cantidad de golpes en la cabeza, síntomas relacionados con posibles CC, estudios de imagen que se le hayan realizado, tratamientos médicos, ingesta de medicamentos y/o suplementos. La historia clínica es necesaria para indagar sobre los antecedentes personales de J. El tiempo de aplicación es aproximadamente de 30 minutos.

*Escala de la Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA).* Es una prueba de tamizaje que evalúa la función ejecutiva y visoespacial, la identificación, memoria, atención, lenguaje, abstracción, recuerdo y orientación. En este estudio se utilizó la versión 7.1, la cual ha mostrado una sensibilidad de 0,90 para detectar deterioro cognitivo leve y una especificidad es de 0,87 (Aguilar-Navarro, et al., 2018; Loureiro, et al., 2018). El tiempo de administración es de aproximadamente 10 minutos y el puntaje máximo es de 30, en donde un puntaje igual o superior a 26 se considera normal.

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

*Test del Trazo-Parte A.* Diseñado originalmente como una medida de inteligencia, el Test del Trazo es un instrumento diagnóstico popular para muchos tipos de disfunción cerebral, ya que mide la atención visual, la velocidad motora, la flexibilidad cognitiva y la alternancia de tareas. Para su realización se requiere de la participación de áreas occipito-frontales. En la parte A, el evaluado debe trazar una línea para conectar 25 números en orden ascendente distribuidos al azar en una hoja de papel. La parte B consiste en dibujar una línea, sin despegar el lápiz, alternando entre número y letra, respetando el orden numérico y el orden alfabético. El puntaje es la cantidad de números enlazados correctamente en el tiempo máximo de 100 segundos. La confiabilidad de test-retest es de 0,76 (Arango-Lasprilla, et al., 2015).

*Test de búsqueda de símbolos* (Escala de Inteligencia para Adultos WAIS-IV; Weschler, 2012). Esta tarea fue diseñada para medir la velocidad de procesamiento de la información visual y la rapidez y precisión perceptiva. Su naturaleza breve y facilidad de administración la han convertido en una prueba neuropsicológica habitual en distintas áreas ya que para su realización se requiere de la participación de diversas áreas cerebrales como la corteza occipitofrontal. Consiste en la presentación de dos conjuntos de símbolos donde el examinado debe decidir si alguno de ellos está presente dentro del otro conjunto. Su aplicación es de 120 segundos y el puntaje total se obtiene restando las respuestas incorrectas a las respuestas correctas. La puntuación máxima posible es de 110.

*Test de Stroop.* Evalúa la capacidad del participante para inhibir una respuesta automática y seleccionar una respuesta con base en un criterio arbitrario. Involucra principalmente áreas cerebrales frontomediales, en particular, la corteza anterior del cíngulo (Markela-Lerenc et al., 2004; Stuss, Floden, Alexander, Levine y Katz, 2001). Consiste en una lámina que tiene los nombres de colores impresos en una tinta diferente, por ejemplo, la palabra “verde” está impresa en tinta “azul”, además algunas palabras están subrayadas con una línea. La tarea consiste en que el examinado lea lo que está escrito, excepto cuando la palabra está subrayada, en tal caso se pide que se denomine el nombre del color en que está impresa y no lo que está escrito. Se registran las respuestas correctas y los errores tipo stroop (leer la

palabra subrayada en lugar del color de la tinta), y los errores no stroop (no leer correctamente la palabra). El tiempo máximo es de 5 minutos, con una puntuación máxima de 84 aciertos.

*Torre de Hanoi.* Creada para la evaluación de habilidades como la capacidad de planificación y el funcionamiento ejecutivo, estima la capacidad para anticipar de forma secuenciada acciones tanto en orden progresivo como regresivo (planeación secuencial). Consta de una torre con tres postes y con 3 o 4 discos colocados en el poste del lado izquierdo, y la tarea consiste en trasladar la torre de discos a lo largo de los tres postes que se encuentran frente de la persona, desde la configuración inicial a una configuración final indicada por el evaluador. Las instrucciones son las siguientes: “Debes de pasar esta torre tal y como está desde este poste hasta éste otro de acá (último del lado derecho) pero hay reglas, debes de pasar disco por disco, es decir, no debes agarrar más de uno, tampoco debes colocar un disco más pequeño debajo de uno más grande y debes hacerlo en la menor cantidad de movimientos posibles”. La cantidad de movimientos mínimos para la torre de 3 discos es de 7 y para la de 4 es de 14. Se registra el tiempo que requiere el examinado para realizar la tarea y el número de errores que comete. Las puntuaciones se conmutan y transforman en una puntuación total final que refleja la capacidad de la persona para resolver el problema. Finalmente, se interpreta que un número bajo de movimientos y errores es un reflejo de una buena ejecución.

*Test de laberintos.* Diseñada para evaluar la capacidad de control motriz y la planeación visoespacial. Consta de cinco laberintos, los cuales van incrementando la dificultad en el proceso de planeación visoespacial y tienen una duración máxima de 5 minutos cada uno. Se le solicita al participante salir del laberinto iniciando en el asterisco (ubicado en el centro del laberinto) y salir por donde está la “s” sin tocar ni atravesar las paredes y sin despegar el lápiz del papel. Los errores se registran como el número de veces que atraviesa las líneas, entra a un camino sin salida y el tiempo de ejecución. La calificación total consiste en la suma de cada tipo de error cometido; para la puntuación del tiempo, se suma el tiempo de ejecución de los laberintos resueltos, y posteriormente se obtiene el promedio.

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

*Test de clasificación de cartas de Wisconsin.* Esta prueba fue desarrollada para medir la capacidad de resolución de problemas y la capacidad de modificar las estrategias cognitivas en función de los cambios que se producen en el ambiente. Se trata de una prueba en la que entran en función la memoria de trabajo, la flexibilidad atencional, inhibición de respuesta y otros aspectos de la función ejecutiva. Para su realización se requiere de un adecuado funcionamiento de las áreas prefrontales del cerebro. La prueba tiene un grupo de 64 cartas, que contienen diversas figuras (cuadrado, octágono, rombo, trapecio) de distintos colores y distintas cantidades. El evaluador coloca frente del participante 4 cartas inmóviles de diferente color, forma y cantidad, posteriormente del mazo de cartas saca una carta y se le da al participante quien debe colocarla sobre una de las cartas inmóviles donde él piense que se relacione. Si la coloca en la clasificación incorrecta se le dirá “incorrecto” si la coloca en la clasificación correcta no se le dirá “correcto”. Se registran los aciertos, los errores perseverativos y no perseverativos. El tiempo máximo es de 10 minutos y la cantidad de aciertos totales es de 64.

*Test de dígitos en progresión y en regresión.* Se utiliza para medir la atención sostenida y la memoria de trabajo respectivamente. En esta tarea el evaluador le dice unos dígitos y el participante debe de repetirlos primero en el mismo orden y posteriormente en orden inverso. Se inicia con una serie de tres dígitos hasta llegar a los 9 dígitos, cada serie tiene 2 ensayos. La prueba se cancela si el evaluado comete dos errores seguidos en el mismo ensayo. La puntuación final es el número de dígitos repetidos correctamente.

*Test de cubos en progresión y regresión.* Esta tarea consiste en que el evaluador señale una serie de cubos, y cuando termine, el participante deberá señalarlos al revés, desde el último hasta el primero. Si logra repetir el primer ensayo, se pasa a la serie siguiente. Si fracasa, se aplican los dos ensayos. Se suspende después de dos fracasos consecutivos.

*Test de fluidez verbal semántica.* Esta tarea se considera una prueba de producción verbal controlada y programada, que es sensible a las alteraciones en el funcionamiento de las áreas pre-frontales izquierdas y es una de las tareas más sensibles para la detección de deterioro cognitivo y demencias en sus primeras fases (Ortiz Jiménez, Góngora Rivera y Saldaña Muñoz, 2018). Consiste en producir la mayor cantidad de

palabras dentro de cada categoría, por ejemplo, animales, en un minuto con las siguientes consignas: no decir el sexo opuesto del animal, ni el animal en diferentes etapas de la vida o diminutivos como, por ejemplo, perro, perrito, cachorrito. Se deben anotar todas las palabras, así como las intrusiones (palabras que no pertenecen a la categoría) y las perseveraciones (palabras repetidas). La puntuación total se obtiene restando el número de intrusiones y perseveraciones, para obtener sólo las palabras correctas. Se califica de acuerdo con la edad y escolaridad, la puntuación normalizada debe ser mayor a 14 palabras

*Herramienta de Evaluación de Conmoción en el Deporte 2 (Sport Concussion Assessment Tool-2; McCrory, et al., 2009).* Es una herramienta que representa un método estandarizado de evaluación de atletas lesionados por conmoción cerebral y se puede utilizar en los atletas mayores de 9 años. Está diseñado para el uso de médicos y de profesionales de la salud. Evalúa síntomas neurológicos a través de la escala de Glasgow, emocionales, cognitivos, de equilibrio y coordinación. Esta herramienta también permite el cálculo de la Evaluación estandarizada de conmoción cerebral y la puntuación de Maddocks para la evaluación de conmoción cerebral en el área del deporte o entrenamiento (Ortiz y Murguía, 2013).

### *Procedimiento*

Para la realización de este estudio se contó con la aprobación del Comité de Investigación (REPRIN-FOD-30). Una vez el proyecto fue aprobado por el comité de investigación se procedió a contactar al entrenador en jefe del equipo de la liga mayor universitaria y se solicitó autorización para realizar la investigación. Una vez otorgado el permiso se les explicó a los jugadores el objetivo del estudio y se les invitó a participar. Aquellos que decidieron participar en el estudio se les pidió que firmaran un consentimiento informado en el cual se detallaba los objetivos del estudio y el carácter voluntario de su participación, aclarándoseles que en cualquier momento podrían retirarse del estudio si así lo deseaban. La investigación se llevó a cabo durante los meses de agosto a noviembre de 2018 y se dividió en tres fases.

*Fase 1. Pretemporada.* Una semana antes de iniciar la temporada, se realizó de forma individual la evaluación a cada uno de los jugadores del equipo

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

(Línea base). La aplicación se realizó dentro de las instalaciones del estadio, en cubículos amueblados, aislados del ruido externo, con buena ventilación e iluminación. La aplicación tuvo una duración de 1h 30min aproximadamente. Los instrumentos fueron administrados en el siguiente orden: cuestionario datos generales, MoCA 7.1, test de dígitos en progresión y regresión, test de detección visual, test de cubos en regresión, Test de Stroop, Test del Trazo parte A y parte B, test de fluidez verbal, Torre de Hanoi y test de clasificación de cartas de Wisconsin.

*Fase 2. Temporada y CC.* Durante toda la temporada de agosto a noviembre, una neuropsicóloga asistió todos los días al entrenamiento y a los juegos oficiales del equipo. En el tercer partido de la temporada, durante el primer cuarto, uno de los jugadores (J) se golpeó en la cabeza, pero al “no sentir malestar” siguió jugando. Treinta minutos después del impacto, J le reportó al equipo médico dolor de cabeza y sensibilidad a la luz. El médico le administró Ketorolaco sublingual para el dolor de cabeza, para que J continuara jugando. Durante el medio tiempo del partido, J reportó al equipo médico dolor de cabeza intenso en la parte frontal derecha, náuseas, mareo e irritabilidad a la luz y al ruido. El médico trató de indagar sobre el golpe previo en la cabeza, sin embargo, J no recordaba el evento. Por lo que el equipo médico solicitó que se realizara la evaluación neuropsicológica para evaluar una posible conmoción cerebral. Se procedió a la aplicación de la Herramienta de Evaluación de Conmoción en el Deporte 2 (SCAT-2). Durante la evaluación neuropsicológica, J reportó aumento de los síntomas, el médico le administró Dexametasona IM como antiinflamatorio, y fue enviado al hospital para la realización de una TAC. El diagnóstico médico corroboró la presencia una conmoción cerebral por lo que permaneció en observación durante 36h, posteriormente se le dio de alta.

*Fase 3. Evaluación Postconmoción.* La semana posterior a la conmoción cerebral se le administraron a J los siguientes instrumentos: MoCA 7.1, test de dígitos en progresión y regresión, test de detección visual, test de cubos en regresión, Test de Stroop, test de búsqueda de símbolos, test de fluidez verbal, test de laberintos y test de clasificación de cartas de Wisconsin con el objetivo de comparar el perfil cognitivo obtenido en la pretemporada y posterior a la

CC. En esta semana J se reincorporó a sus actividades deportivas.

*Análisis estadístico*

La calificación de cada una de las pruebas administradas aporta datos cuantitativos y cualitativos. Se utilizó el manual de aplicación de cada una de las pruebas con el fin de calificar e interpretar los resultados obtenidos: BANFE-2 (Flores Lázaro, Ostrosky Shejet y Lozano Gutiérrez, 2014) y Neuropsi Atención y Memoria (Ostrosky-Solís, Gómez, Matute, Rosselli, Ardila y Pineda, 2012). Lo primero que se hizo fue tomar los datos naturales o crudos de cada prueba y se convirtieron a puntuaciones normalizadas. Las puntuaciones se obtuvieron considerando la edad y escolaridad de J, para poder establecer el perfil individual de las funciones cognitivas preservadas y las que mostraron puntuaciones bajas o muy bajas.

**RESULTADOS**

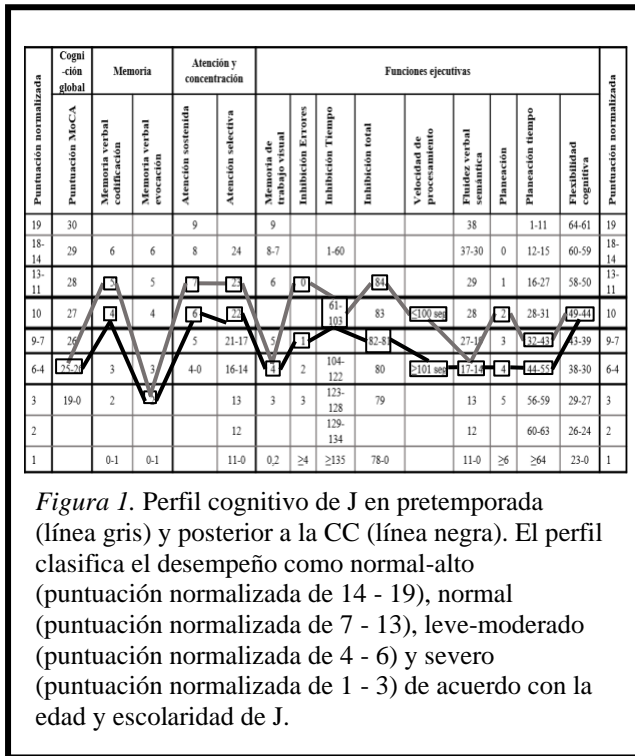
Se obtuvieron dos perfiles cognitivos de J, el primero de ellos muestra el desempeño de J en la pretemporada y una semana después de la conmoción cerebral (Figura 1) y el segundo ilustra el desempeño de J en la pretemporada, en la fase aguda de la CC y en la fase postconmoción (Figura 2).

Como puede observarse en la figura 1, en la evaluación pretemporada J presentó un desempeño cognitivo general por debajo del punto de corte ya que obtuvo un total de 20 puntos en el test de MoCA, clasificado como un bajo desempeño. También se observaron puntuaciones bajas en la memoria de trabajo visual (4 de 9), en la fluidez verbal semántica (17 nombres de animales), y puntuaciones muy bajas en la evocación de la memoria verbal (2 de 6). Una semana después de sufrir la conmoción cerebral, J mantuvo el mismo bajo desempeño general en el total del MoCA (20 puntos), la evocación de la memoria verbal (2 de 6) y la memoria de trabajo visual (4 de 9). Sin embargo, el rendimiento disminuyó de un desempeño normal a un desempeño bajo en tareas de velocidad de procesamiento (pre: 26; post: 24) y planeación (pre: 1 error; post: 4 errores / pre: 76 segundos; post: 45 segundos).

También hubo una disminución en las tareas de inhibición (pre: 84 aciertos; post: 82 aciertos / pre: 0 errores; post: 1 error) y atención sostenida (pre: 7

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

puntos; post: 6 puntos), pero su clasificación continuó en el rango de la normalidad según su edad y



escolaridad.

### Evaluación en la fase aguda de la conmoción cerebral.

En la tabla 1 se presentan los síntomas del jugador durante la fase aguda de la conmoción cerebral, la cual se caracterizó al inicio por mareos y somnolencia, y fueron aumentando hasta presentar dolor y presión en la cabeza, vómito, sensibilidad a la luz, confusión y nerviosismo, entre otros. Como puede observarse la mayoría de los síntomas fueron descritos por J como moderados.

Tabla 1

*Síntomas físicos, cognitivos y emocionales en la fase aguda de la conmoción cerebral de J por nivel de severidad*

Síntomas	Nada Leve Moderado Severo					
	0	1	2	3	4	5 6
Dolor de cabeza					X	
Presión en la cabeza					X	
Dolor de cuello	X					
Nauseas o vómito					X	
Mareos			X			
Visión borrosa	X					
Sensibilidad a la luz					X	
Sensibilidad al ruido					X	
Sentirse decaído						X
Sentirse en las "nubes"					X	
No se siente bien						X
Dificultad para recordar					X	
Fatiga o falta de energía					X	
Confusión					X	
Somnolencia			X			
Más emocional					X	
Irritabilidad					X	
Tristeza	X					
Nervioso o ansioso					X	

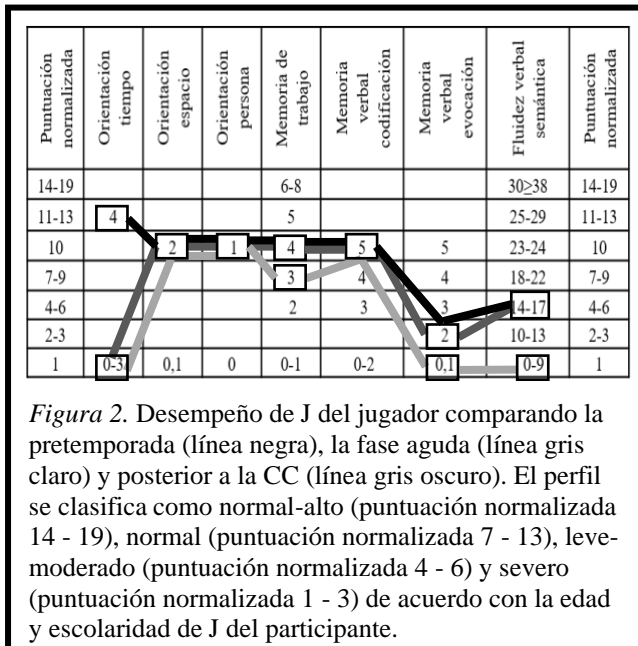
*Nota:* Síntomas físicos, cognitivos y emocionales en la fase aguda de la conmoción cerebral reportados por J.

Tabla tomada y modificada de la prueba SCAT-2.

Como puede observarse en la figura 2, en la pretemporada, J se encontraba orientado en las tres esferas que evalúa el SCAT-2, ya que sabía la fecha exacta, el lugar dónde se encontraba y su edad, presentaba un desempeño bajo en la evocación de la memoria verbal y la fluidez verbal semántica. Durante la fase aguda, J se encontraba desorientado en tiempo pues desconocía la fecha en la que estaba jugando el partido, no fue capaz de recordar ninguna de las 5 palabras que repitió y disminuyó la cantidad de animales que pudo decir durante un minuto (6 animales), por lo que su desempeño fue clasificado



como muy bajo para su edad y escolaridad. Mantuvo

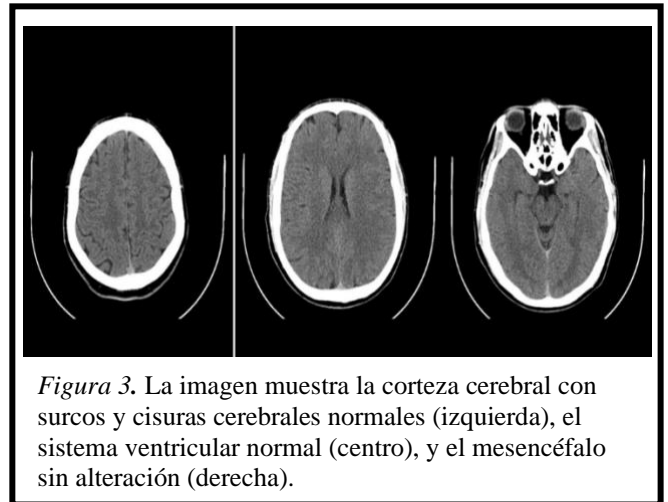


el mismo desempeño normal en orientación espacial y personal, pues sabía que estaba en el estadio y la edad que tenía, y en la codificación de la memoria verbal (5 de 5). Disminuyó 1 punto en la memoria de trabajo, y aunque su desempeño continuó en el rango normal, cualitativamente se observaron errores de omisión y sustitución.

Después de una semana de haber ocurrido la CC, J mejoró en la fluidez verbal (16 nombres de animales) y la evocación de la memoria verbal en donde recordó 2 de las 5 palabras. Este desempeño es muy parecido al que tenía en la pretemporada, con excepción de la orientación temporal, ya que a la semana seguía desconociendo la fecha exacta. Sin embargo, es importante mencionar algunos aspectos cualitativos del desempeño en la evocación de la memoria verbal, en donde J no pudo recordar de manera espontánea las palabras, no se benefició de las claves semánticas y las dos palabras que logró recordar fueron a través de las opciones múltiples.

Como parte del procedimiento médico, J fue enviado al hospital de urgencia para realizarle una Tomografía Axial Computarizada de Cráneo Simple (Figura 3), que arrojó que las imágenes estaban dentro de los límites normales ya que el 4to ventrículo es central, el

mesencéfalo tiene morfología y densidad normal y se demuestra el tejido cerebral con adecuada diferenciación de la sustancia gris-blanca, presenta densidad homogénea, así como amplitud normal de surcos, cisuras y cisternas.



## DISCUSIÓN

El objetivo de este artículo fue realizar un estudio neuropsicológico de un jugador de futbol americano que sufrió una CC durante la temporada, con el propósito de determinar el impacto del CC en su funcionamiento cognitivo. Los resultados mostraron que en la evaluación pretemporada el jugador presentó un perfil cognitivo dentro de los rangos esperados para su edad y escolaridad mientras que, en la fase aguda de la CC, el jugador presentó una leve disminución de las puntuaciones en aquellas pruebas neuropsicológicas que evalúan velocidad de procesamiento, atención sostenida, inhibición y planeación.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo que se ha reportado en la literatura acerca de que las CC en deportistas suelen producir alteraciones cognitivas leves en diferentes dominios. Por tal motivo, es fundamental el papel del neuropsicólogo en el ámbito deportivo, ya que es el profesional indicado para poder evaluar el funcionamiento cognitivo y emocional de estos deportistas después de una CC (Echemendia, et al., 2012).

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

El neuropsicólogo clínico emplea la evaluación neuropsicológica para determinar cuáles son las alteraciones cognitivas y cuáles las funciones conservadas después de sufrir una lesión cerebral y poder establecer un programa de rehabilitación que ayude al atleta a reincorporarse a sus actividades de la vida diaria con el menor número de secuelas (American Psychological Corporation, 2018). La evaluación neuropsicológica forma parte del protocolo de las ligas internacionales de fútbol americano, ya que le aporta al equipo médico información relevante para la toma de decisiones con respecto al manejo de la CC (Erlanger, et al., 2003; Patricios, et al., 2018).

En este estudio los resultados de la evaluación neuropsicológica pretemporada mostraron que J presentaba un desempeño bajo en la memoria de trabajo y la fluidez verbal semántica, y desempeño muy bajo en la evocación de la memoria verbal en comparación con su grupo de edad y escolaridad. Debido a la naturaleza de este estudio no es posible explicar el porqué de este bajo desempeño, el cual podría ser debido a múltiples factores que no fueron tenidos en cuenta en este estudio.

Una posible explicación para este resultado es que J lleva practicando fútbol americano desde los 6 años de edad, y aunque informó nunca haber tenido traumatismos craneoencefálicos ni conmociones cerebrales, los estudios muestran que iniciar la práctica del fútbol americano antes de los 12 años de edad tiene repercusiones a largo plazo (Alosco, et al., 2017). Estudios han mostrado que los golpes repetidos en la cabeza, con o sin conmoción, pueden alterar la estructura del cerebro sobre todo si estos golpes ocurren en periodos críticos del desarrollo, como por ejemplo el que ocurre entre los 5 y 14 años de edad donde el cerebro sufre una maduración sustancial en los hombres (Lebel, Walker, Leemans, Phillips y Beaulieu, 2008; Shaw, et al., 2006). Los golpes repetidos en la cabeza durante el desarrollo neurológico pueden interrumpir la maduración cerebral normal y aumentar la vulnerabilidad a tener alteraciones a largo plazo, especialmente si se continúa jugando fútbol americano (Guskiewicz, et al., 2013; Stamm, et al., 2015).

Con respecto a los resultados de la evaluación neuropsicológica en la fase aguda, J presentó síntomas caracterizados por sensibilidad a la luz, dolor de cabeza, vómito, desorientación, y un bajo rendimiento

en la evocación de la memoria verbal, la fluidez verbal semántica y presentó errores de omisión y sustitución. Estos datos concuerdan con lo descrito en otros estudios (Collins, et al., 1999; Delaney, Lacroix, Leclerc y Jonhstone, 2002; Guskiewicz, et al., 2000).

El desempeño muy bajo que presentó J durante la fase aguda, podría deberse a los síntomas de la CC que persistieron durante la evaluación, a su desorientación y dificultad para mantener el nivel de atención, afectando el registro de información en las tareas de memoria y de tareas más complejas como las de funciones ejecutivas.

Los resultados de la evaluación neuropsicológica de J son muy importantes ya que el TAC no evidencio ningún tipo de problema a pesar de que J presentara síntomas característicos de una CC. Este resultado ya ha sido reportado en otros estudios sobre todo cuando es la primera vez que ocurre una CC, ya que los daños en el cerebro suelen aparecer después de repetidas conmociones (Maruta, et al., 2016), por lo que el abordaje debe ser multidisciplinario en la CC para la atención inmediata del atleta (Ma, et al., 2012).

En relación con los resultados obtenidos en la evaluación post-conmoción indican una disminución en la velocidad de procesamiento, atención sostenida, inhibición y planeación. Estos resultados coinciden con otras investigaciones que han utilizado las mismas tareas neuropsicológicas que en este estudio (Merrit, et al., 2017; Tsushima, Siu, Yamashita, Oshiro y Murata, 2016). En J, los procesos que mejoraron después de una semana fueron orientación en tiempo, memoria de trabajo, evocación de la memoria verbal y fluidez verbal semántica, lo que coinciden con otras investigaciones que reportan que algunos de los procesos cognitivos afectados por una CC se recuperan en un periodo de 7 a 10 días posteriores a la CC (Macciocchi, Barth, Alves, Rimel y Jane, 1996; McCrea, 2008; Guskiewicz, et al., 2003; Wylie, et al., 2015). Esto podría ser debido al proceso de desinflamación cerebral que ocurre una semana posterior a la CC (Guskiewicz, et al., 2005).

Finalmente, J regresó a los entrenamientos y a jugar los partidos del resto de la temporada después de una semana de haber tenido la CC, no volvió a reportar síntomas durante el resto de la temporada. La decisión de regresar fue tomada por J y el equipo médico, considerando que los resultados de la evaluación

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

neuropsicológica mostraron que el desempeño de J había mejorado. Desde el punto de vista clínico este estudio aportó información relevante sobre los efectos de la CC en los procesos cognitivos y junto con la valoración médica se tomaron decisiones para el manejo de la salud de J.

Desde el punto de vista metodológico, se incluyeron tres medidas, una en la pretemporada, otra durante la fase aguda de la CC y una semana después de la CC, lo que permitió contar con datos cuantitativos y comparar la ejecución de J en las tres fases. El análisis de los resultados cuantitativos se realizó empleando los datos normativos de las pruebas en base a la edad y escolaridad de J, y los datos cualitativos incluyó el análisis de los errores.

Los resultados de este estudio deben de interpretarse a la luz de las siguientes limitaciones. 1. Es un estudio de caso único y los resultados no deberán generalizarse a todos los deportistas que presenten una CC. 2. Algunas de las pruebas neuropsicológicas que se utilizaron fueron pruebas creadas y desarrolladas en países extranjeros y es posible que el factor cultural haya tenido algo que ver en las puntuaciones que presento J en algunos de los test. 3. Debido a que no conocemos las distribuciones de las puntuaciones bajas en población normal de México en las pruebas que se utilizaron no es posible establecer a la naturaleza de dichas puntuaciones, ya que no sabemos si estas están dentro del rango esperado o si por el contrario son el reflejo de la presencia de algún déficit. El estudio del TAC que presento J fue normal, sin embargo estudios más avanzados podrían darnos mayor información acerca de la conectividad cerebral del paciente después del CC y así saber si produjo una alteración o no en el funcionamiento cerebral del paciente post CC. Futuros estudios deberían incluir exámenes de imagen más avanzados como Resonancia magnética, PET o SPECT y 4. Debido a que las tres evaluaciones fueron realizadas en un periodo corto de tiempo, es posible que se haya dado un efecto de la práctica que haya conllevado a que en algunas pruebas no se hubieran visto muchos cambios entre el pre y el post. Futuros estudios deberían hacer evaluaciones con otras pruebas diferentes o con tiempos muchos mayores con el fin de determinar la presencia o no de cambios.

## CONCLUSIONES

Los datos de este estudio demuestran la importancia de realizar una evaluación neuropsicológica en aquellos deportistas que presenten un CC con el fin de conocer su perfil cognitivo y en caso de ser necesario implementar programas de intervención para estas personas con el objetivo de que puedan reintegrarse de forma satisfactoria a su actividad deportiva. Para futuros estudios se sugiere contar con otro tipo de neuroimagen como la Resonancia Magnética Funcional, y proporcionar psicoeducación sobre los síntomas de la CC a todos los integrantes del equipo, incluidos jugadores, entrenadores y equipo médico.

## APLICACIONES PRÁCTICAS

Los datos presentados tienen importantes implicaciones, especialmente confirmar la necesidad de realizar una evaluación neuropsicológica a aquellos deportistas que sufren una CC ya que es muy probable que estas personas puedan presentar síntomas cognitivos y emocionales a corto y largo plazo. Una evaluación adecuada, ayudara a tomar las medidas necesarias para que los entrenadores puedan tomar las decisiones pertinentes de apartar o no al jugador de la actividad deportiva hasta que este se encuentre en perfectas condiciones y pueda reintegrarse a su actividad deportiva de forma satisfactoria. Igualmente es importante señalar la necesidad de realizar programas no sólo de rehabilitación con aquellas personas que sufren una CC sino también la necesidad de implementar programas de prevención de estos problemas y de la importancia de utilizar el equipo de protección adecuado y de tomar las medidas de seguridad necesarias para disminuir la ocurrencia de este tipo de problemas. Debido a que en México los neuropsicólogos del deporte no están establecidos dentro de los equipos de deportes de contacto para la evaluación durante el entrenamiento y práctica de los deportistas, es fundamental la incorporación de estos profesionales en dichos grupos de trabajo.

## REFERENCIAS (APA 6ª EDICION)

1. Aguilar-Navarro, S. G., Mimenza-Alvarado, A. J., Palacios-García, A. A., Samudio-Cruz, A., Gutiérrez-Gutiérrez, L. A., y Ávila-Funes, J. A. (2018). Validez y confiabilidad del MoCA (Montreal Cognitive Assessment) para el tamizaje del deterioro cognoscitivo en México. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 47(4), 237-243. doi:10.1016/j.rcp.2017.05.003

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

2. Alosco, M. L., Kasimis, A. B., Stamm, J. M., Chua, A. S., Baugh, C. M., Daneshvar, D. H.,...Stern, R. A. (2017). Age of first exposure to American football and long-term neuropsychiatric and cognitive outcomes. *Translational Psychiatry*, 7(9), e1236. doi:10.1038/tp.2017.197
3. American Psychological Corporation (2018). Society for Clinical Neuropsychology. Recuperado de <https://www.apa.org/about/division/div40.aspx>
4. Arain, A., Haque, M., Johal, L., Mathur, P., Nel, W., Rais, A.,...Sharma, S. (2013). Maturation of the adolescent brain. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 9, 449-461. doi: 10.2147/NDT.S39776
5. Arango-Lasprilla, J. C., Rivera, D., Aguayo, A., Rodríguez, W., Garza, M., Saracho, C.,... Perrin, P. B. (2015). Trail Making Test: normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation*, 37(4), 639-661. doi: 10.3233/NRE-151284
6. Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Desarrollo histórico de las Funciones Ejecutivas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 1-21. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987433>
7. Arnett, P., Guty, E., y Bradson, M. (2017). *Bulletin. National Academy of Neurophychology*, 31(2), 727. Recuperado de: [https://www.nanonline.org/docs/ResearchandPublications/NANBulletin/Spring%202017%20Bulletin\\_Reduced.pdf](https://www.nanonline.org/docs/ResearchandPublications/NANBulletin/Spring%202017%20Bulletin_Reduced.pdf)
8. Ato, M., López, J. J., y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
9. Bleiberg, J., Cernich, A. N., Cameron, K., Sun, W., Peck, k., Ecklund, J.,... Warden, D. L. (2004). Duration of cognitive impairment after sports concussion. *Neurosurgery*, 54(5), 1073-1080. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15113460>
10. Carroll, L., Cassidy, D., Cancelliere, C., Côté, P., Hincapié, C. A., Kristman, V. K.,...Hartvigsen, J. (2014). Systematic review of the prognosis after mild traumatic brain injury in adults: cognitive, psychiatric, and mortality outcomes: results of the international collaboration on mild traumatic brain. *Injury Prognosis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(3 Suppl 2), 152-73. doi: 10.1016/j.apmr.2013.08.300.
11. Collins, M. W., Grindel, S. H., Lovell, M. R., Dede, D. E., Moser, D. J., Phalin, B. R.,... McKeag, D. B. (1999). Relationship Between Concussion and Neuropsychological Performance in College Football Players. *JAMA*, 282(10), 964-970. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10485682>
12. Delaney, J. S., Lacroix, V., Leclerc, S., y Johnston, K. (2002). Concussions among university football and soccer players [Abstract]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12(6), 331-338. Recuperado de: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=12466687>
13. Delaney, J. S., Caron, J. G., Correa, J. A., y Bloom, G. A. (2018). Why professional football players chose not to reveal their concussion symptoms during a practice or game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(1), 1-12. doi: 10.1097/JSM.0000000000000495.
14. Domínguez-González, F., Moral-Campillo, L., Reigal, R.E., y Hernández-Mendo, A. (2018). Condición física y atención selectiva en una muestra preadolescente. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 18(2), 33-42. Recuperado de <https://revistas.um.es/cpd/article/view/317691>
15. Echemendia, R. J., Herring, S., y Bailes, J. (2009). Who should conduct and interpret the neuropsychological assessment in sport-related concussion? *British Journal of Sport Medicine*, 43(1), 32-35. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2009.058164>
16. Echemendia, R. J., Bruce, J. M., Bailey, C. M., Sanders, J. F., Arnett, P., Vargas, G. (2012). The utility of post-concussion neuropsychological data in identifying cognitive change following sports-related MTBI in the absence of baseline data. *Clinical Neuropsychology*, 26(7), 1077-1091. doi: 10.1080/13854046.2012.721006.

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

- Comper, P. (2013). Advances in neuropsychological assessment of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*, 47(5), 294–298. doi:10.1136/bjsports-2013-092186
17. Echemendia, R. J., Meeuwisse, W., McCrory, P., Davis, G. A., Putukian, M., Leddy, J., ...Herring, S. (2017). The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT-5): Background and rationale. *British Journal of Sports Medicine*, 51(11), 848-850. doi: 10.1136/bjsports-2017-097506.
18. Erlanger, D., Feldman, D., Kutner, K., Kaushik, T., Kroger, H., Festa, J.,...Broshek, D. (2003). Development and validation of a web-based neuropsychological test protocol for sports-related return-to-play decision-making. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(3), 293-316. doi: 10.1016/S0887-6177(02)00138-5
19. Flores Lázaro, J., Ostrosky Shejet, F., y Lozano Gutiérrez, A. (2014). BANFE-2 Batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales. México: Manual Moderno.
20. Förstl, H., Haass, Ch., Hemmer, B., Meyer, B., y Halle, M. (2010). Boxing-Acute complications and late sequelae. *Deutsches Ärzteblatt International*, 107(47), 835-839. doi: 10.3238/arztebl.2010.0835
21. Guskiewicz, K. M., Weaver, N. L., Padua, D. A., y Garrett, W. E. Jr. (2000). Epidemiology of concussion in collegiate and high school football players. *American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 643-650. doi: 10.1177/03635465000280050401
22. Guskiewicz, K. M., McCrea, M., Marshall, S. W., Cantu, R. C. Randolph, Ch., Barr, W., ...Kelly, J. P. (2003). Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players. The NCAA concussion study. *JAMA*, 290(19), 2549-2555. doi: 10.1001/jama.290.19.2549
23. Guskiewicz, K. M., Bruce S. L., Cantu, R. C., Ferrara, M. S., Kelly, J. P., McCrea, M., ...McLeod, T. C. (2004). Recommendations on management of sport-related concussion: summary of the National Athletic Trainers' Association position statement. *Neurosurgery*, 55(4), 891-896. Recuperado de <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000143800.49798.19>
24. Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Bailes, J., McCrea, M., Cantu, R. C., Randolph, C., y Jordan, B. D. (2005). Association between Recurrent Concussion and Late-Life Cognitive Impairment in Retired Professional Football Players. *Neurosurgery*, 57(4), 719–726. doi:10.1227/01.neu.0000175725.75780
25. Jiménez, R. (2017). Traumatismo craneal, conmoción cerebral y sus consecuencias. Seminario práctico a través de casos clínicos. Curso de Actualización Pediatría. Madrid, Lúa Ediciones. Recuperado de: [https://www.aepap.org/sites/default/files/269-280\\_traumatismo\\_craneal.pdf](https://www.aepap.org/sites/default/files/269-280_traumatismo_craneal.pdf)
26. Kochanek, P., Clark, R., Ruppel, R., Adelson, P., Bell, M., Whalen, M., ... y Jenkins, L. (2000). Biochemical, cellular and molecular mechanisms in the evolution of secondary damage after severe traumatic brain injury in infants and children: Lessons learned from the bedside. *Pediatric Critical Care Medicine*, 1(1), 4-19. doi: 10.1097/00130478-200007000-00003
27. Landry, G. L. (2002). Central nervous system trauma. *Pediatric Clinics of North America*, 49(4), 723–741. doi: 10.1016/s0031-3955(02)00024-x
28. Langlois, J. A., Rutland-Brown, W., y Wald, M. M. (2006). The Epidemiology and Impact of Traumatic Brain Injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 21(5), 375–378. doi:10.1097/00001199-200609000-00001
29. Lebel, C., Walker, L., Leemans, A., Phillips, L., y Beaulieu, C. (2008). Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *Neuroimage*, 40(3), 1044–1055. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.12.053.
30. Lezak, M., Howieson, D., Bigler, E., y Tranel, D. (2012). The Practice of Neuropsychological Assessment. En M. Lezak, D. Howieson, E. Bigler, y D. Tranel. (Ed), *Neuropsychological Assessment* (pp 3-14). Oxford: University Press.
31. Loureiro, G., García, C., Adana, L., Yacelga, T., Rodríguez-Lorenzana, A., y Maruta, C. (2018). Uso del test de evaluación cognitiva de Montreal (MoCA) en América Latina: revisión sistemática.

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

- Revista de Neurología, 66, 397-408. Recuperado de <https://www.neurologia.com/articulo/2017508>
32. Ma, R., Miller, C. D., Hogan, M. V., Diduch, B. K., Carson, E. W., y Miller, M. D. (2012). Sports-Related Concussion: Assessment and Management. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 94(17), 1618–1627. doi:10.2106/jbjs.k.01127
33. Manonelles-Marqueta, P., y Del Valle-Soto, M. D. (2011). Medicina de la Educación Física y del Deporte. Especialidad con entidad propia. *Archivos de Medicina del Deporte*, 28(142), 83-85. Recuperado de: [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Editorial\\_142.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Editorial_142.pdf)
34. Macciocchi, S. N., Barth, J. T., Alves, W., Rimel, R. W., y Jane, J. A. (1996). Neuropsychological Functioning and Recovery after Mild Head Injury in Collegiate Athletes. *Neurosurgery*, 39(3), 494–508. doi:10.1097/00006123-199609000-00014
35. Markela-Lerenc, J., Ille, N., Kaiser, S., Fiedler, P., Mundt, C., y Weisbrod, M. (2004). Prefrontal-cingulate activation during executive control: which comes first? *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 18(3):278-87. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14741314>
36. Maruta, J., Palacios, E. M., Zimmerman, R. D., Ghajar, J., Mukherjee, P. (2016). Chronic Post-Concussion Neurocognitive Deficits. I. Relationship with White Matter Integrity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(35), 1-8. doi: 10.3389/fnhum.2016.00035
37. McCrea, M. (2001). Standardized mental status testing on the sideline after sport-related
38. concussion. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 274–279. Recuperado de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155418/pdf/attr\\_36\\_03\\_0274.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155418/pdf/attr_36_03_0274.pdf)
39. McCrea, M. A. (2008). *Mild Traumatic Brain Injury and Post-concussion Syndrome: The New Evidence Base for Diagnosis and Treatment*. New York, NY: Oxford University Press.
40. McCrory, P., Meeuwisse, W., Johnston, K., Dvorak, J., Aubry, M., Molloy, M., y Cantu, R. (2009). Consensus Statement on Concussion in Sport: the 3rd International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2008. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), i76–i84. doi:10.1136/bjsm.2009.058248
41. McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., ...Vos, P. E. (2017). Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport. *British Journal of Sport Medicine*, 0, 1-10. doi:10.1136/bjsports-2017-097699
42. McKee, A. C., Cantu, R. C., Nowinski, C. J., Hedley-Whyte, E. T., Gavett, B. E., Budson, A. E.,...Stern, R. A. (2009). Chronic traumatic encephalopathy in athletes: progressive tauopathy after repetitive head injury. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 68(7), 709-735. doi: 10.1097/NEN.0b013e3181a9d503
43. McKee, A. C., Stein, T. D., Nowinski, C. J., Stern, R. A., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E.,...Cantu, R. C. (2013). The spectrum of disease in chronic traumatic encephalopathy. *Brain*, 136(1), 43-64. doi: 10.1093/brain/aws307
44. Merritt, V. C., Meyer, J. E., Cadden, M. H., Roman, C. A., Ukueberuwa, D. M., Shapiro, M. D., y Arnett, P. A. (2017). Normative data for a comprehensive neuropsychological test battery used in the assessment of sports-related concussion. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(2), 168-183. doi: 10.1093/arclin/acw090
45. Mez, J., Daneshvar, D. H., Kiernan, P. T., Abdolmohammadi, B., Alvarez, V. E., Huber, B. R.,...McKee, A. C. (2017). Clinicopathological evaluation of chronic traumatic encephalopathy in players of American football. *JAMA*, 318(4), 360-370. doi: 10.1001/jama.2017.8334
46. Norton, C. (2018). Concussion in sport: the importance of accurate and reliable discharge advice. *Emergency Nurse*, 25(10), 35–42. doi: 10.7748/en.2018.e1724
47. Ostrosky-Solís, F., Gómez, M. E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., y Pineda, D. (2012). *Neuropsi Atención y Memoria (2a Ed)*. México: Manual Moderno.
48. Ortiz, M. I., y Murguía, G. (2013). Conmoción cerebral asociado a un traumatismo craneoencefálico en los deportistas. *Medwave*,

**Ortiz-Jiménez, X.; Akena-Fernández, M.; Saldaña-Muñoz, B.; Rincón-Campos, Y.; Góngora-Rivera, F; Arango-Lasprilla, J.C.**

- 13(01), e5617. doi: 10.5867/medwave.2013.01.5617
49. Ortiz Jiménez, X., Góngora Rivera, F., y Saldaña Muñoz, B. (2018). Cognitive components of verbal fluency In non-demented older adults with cerebrovascular risk factors. A two-year follow-up. *Revista Iberoamericana de Neuropsicología*, 1(2), 163-169. Recuperado de [https://www.manualmoderno.com/apoyos\\_electronicos/25941178\\_0102/pdf/25941178\\_0102.pdf](https://www.manualmoderno.com/apoyos_electronicos/25941178_0102/pdf/25941178_0102.pdf)
50. Patel, D. R., Shivdasani, V., y Baker, R. J. (2005). Management of sport-related concussion in young athletes. *Sports Medicine*, 35(8), 671–684. doi: 10.2165/00007256-200535080-00002
51. Patricios, J. S., Ardern, C. L., Hislop, M. D., Aubry, M., Bloomfield, P., Broderick, C.,... Raftery, M. (2018). Implementation of the 2017 Berlin Concussion in Sport Group Consensus Statement in contact and collision sports: a joint position statement from 11 national and international sports organisations. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1–7. doi:10.1136/bjsports-2018-099079
52. Peris-Delcampo, D., y Cantón-Chirivella, E. (2018). El perfil profesional del especialista en psicología del deporte en fútbol. *Revista de Psicología Aplicada al Deporte y al Ejercicio Físico*, 3(1), 1-12. doi: 10.5093/rpadef2018a6
53. Rădoi, A., Poca, M. A., Cañas, V., Cevallos, J. M., Membrado, L., Saavedra, M. C.,... Sahuquillo, J. (2016). Neuropsychological alterations and neuroradiological findings in patients with post-traumatic concussion: results of a pilot study. *Neurología*, 33(7), 427-437. doi: 10.1016/j.nrl.2016.10.003
54. Salas-Cabrera, J., Herrera-González, E., Garcés-Fayos-Ruiz, E. J., Herrera-Monge, M. F., Brenes-Bolívar, J., y Monge-Ramos, J. (2017). Efecto del ejercicio físico sobre la memoria a corto plazo y velocidad en el procesamiento de información de un paciente que sufrió trauma craneoencefálico: un caso de estudio. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 17(2), 131-138. Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1578-84232017000200014](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-84232017000200014)
55. Sandel, N., Reynolds, E., Cohen, P. E., Gillie, B. L., y Kontos, A. P. (2017). Anxiety and mood clinical profile following sport-related concussion: From risk factors to treatment. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 6(3), 304-323. doi:10.1037/spy0000098
56. Scolaro-Moser, R., Iverson, G. L., Echemendia, R. J., Lovell, M. R., Schatz, P., Webbe, F. M.,...Barth, J. T. (2007). Neuropsychological evaluation in the diagnosis and management of sports-related concussion. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(8), 909–916. doi:10.1016/j.acn.2007.09.004
57. Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N.,...Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440 (7084), 676–679. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16572172>
58. Stamm, J. M., Bourlas, A. P., Baugh, C. M., Fritts, N. G., Daneshvar, D. H., Martin, B. M., ...Stern, R. A. (2015). Age of first exposure to football and later-life cognitive impairment in former NFL players. *Neurology*, 84(11), 1114–1120. doi: 10.1212/WNL.0000000000001358
59. Stamm, J.M., Koerte, I. K., Muehlmann, M., Pasternak, O., Bourlas, A. P., Baugh, C. M., .... Shenton, M. E. (2015). Age at first exposure to football is associated with altered corpus callosum white matter microstructure in former professional football players. *Journal of Neurotrauma*, 32(22), 1768–1776. doi: 10.1089/neu.2014.3822
60. Stuss, D. Floden, D., Alexander, M. P., Levine, B., y Katz, D. (2001). Stroop performance in focal lesion patients: dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*, 39(8), 771-86. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11369401>
61. Tsushima, W. T., Siu, A. M., Yamashita, N., Oshiro, R. S., y Murata, N. M. (2016). Comparison of neuropsychological test scores of high school athletes in high and low contact sports: A replication study. *Applied Neuropsychology: Child*, 7(1), 14–20. doi: 10.1080/21622965.2016.1220860
62. Wechsler, D. (2012). WAIS-IV: Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV: manual técnico y de interpretación. Madrid: Pearson Educación.

## Neuropsicología en la Conmoción Cerebral

63. Wylie, G.R., Freeman, K., Thomas, A., Shpaner, M., OKeefe, M., Watts, R., y Naylor, M. R., (2015) Cognitive Improvement after Mild Traumatic Brain Injury Measured with Functional Neuroimaging during the Acute Period. PLoS ONE 10(5): e0126110. doi: 10.1371/journal.pone.0126110