

Sistema de evaluación cognitiva para la detección, seguimiento e investigación de commociones cerebrales

Mauro Trotta, Rodrigo Alonso, Lucas Nistrojil, Leandro Ibaceta

Universidad Nacional de La Matanza

mauroatrotta@gmail.com, rodrigoealonso@gmail.com, lucasnestrojil@gmail.com,
leandro.ibaceta@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se explica el proceso de construcción de un sistema multiplataforma que tiene por objeto la detección, seguimiento y estudio de commociones cerebrales en deportistas de actividades de colisión y contacto. Para comprender la importancia de este sistema, se detalla en profundidad la problemática, sus síntomas y consecuencias en el mediano y largo plazo, como también su relación con una problemática mayor, como lo es la Encefalopatía Traumática Crónica. También, se explica en detalle los criterios utilizados para la detección acertada de estas situaciones, con sus correspondientes fundamentos médicos.

Palabras clave: Encefalopatía traumática crónica, commoción cerebral, neurología, deportes de contacto, deportes de colisión, desarrollo de software, aplicación móvil, aplicación web, SCAT5, evaluación cognitiva.

Introducción

La Encefalopatía Traumática Crónica (CTE) es una entidad definida como el deterioro neurológico secundario a la exposición de traumas craneales a repetición cuyo desenlace clínico resulta en problemas como afecciones de memoria a largo plazo, cognición y trastornos del comportamiento [1] [2]. Esta condición fue reconocida como tal en 2005 por el médico patólogo forense Dr. Bennet Omalu. Fue él quien en 2002 detectó daños cerebrales de una persona con Alzheimer de 90 años en un fallecido de 50 años, ex jugador de la NFL [3] [4].

Esta problemática afecta tanto a hombres como mujeres, que han estado expuestos principalmente a la práctica de deportes de contacto y colisión como el fútbol americano, el rugby, el hockey sobre hielo, el boxeo, entre otros [5].

El retiro después de los 28 años, la larga carrera deportiva, el juego profesional, la participación en mayor número de combates y ser capaz de tolerar mayor cantidad de golpes sin ser eliminado (entre otros) se describen como factores de riesgo para padecer la enfermedad; por su relación con una mayor exposición a episodios de

commoción cerebral, trauma craneal y fuera de combate (knocks out) en caso del boxeo.

Los síntomas incluyen pérdida de memoria, alteración cognitiva, dificultades para expresarse, cambios de ánimo, depresión, demencia, mal de Parkinson y tendencias suicidas [6]. También se la ha vinculado al Alzheimer [7].

Actualmente no se puede diagnosticar esta enfermedad hasta el fallecimiento del individuo ya que se requiere analizar las membranas del cerebro del difunto.

Evaluación unificada y estandarizada

Durante la última década, entidades deportivas profesionales, como la World Rugby, la FIFA, la NFL, la UAH, la IIHF, entre otras han advertido de esta problemática y han comenzado a concientizar a sus entidades afiliadas y deportistas. Sin embargo, esto es relativamente nuevo y gran cantidad de involucrados no son conscientes de la gravedad de esta problemática ni de las consecuencias que ocasionan en el mediano y largo plazo.

En la actualidad, deportes como el Rugby o el fútbol americano adoptaron protocolos de acción ante la presunción de una commoción cerebral durante un encuentro deportivo. Esto consiste en una serie de exámenes a realizar por un médico en los que el deportista afectado deba contestar por sus medios, evaluando su situación cognitiva.

Estos exámenes fueron unificados en un estándar llamado SCAT5 y adoptados internacionalmente [8]. Este permite evaluar diferentes aspectos cognitivos del deportista para determinar si es prudente su permanencia en el campo de juego o es necesario retirarlo para un estudio más profundo y comprobar si puede estar sufriendo una contusión cerebral.

Metodología

Un test breve ideal debería cumplir los siguientes requisitos: a) ser rápido y fácil de administrar para tener buena aceptación por los profesionales; b) ser bien tolerado y aceptado por los pacientes; c) ser fácil de puntuar [9], y d) ser independiente del lenguaje, cultura o nivel educativo.

El Standardized Assessment of Concussion (SAC) [10] [11] es un breve instrumento de detección diseñado para la evaluación neurocognitiva de la conmoción cerebral por un no neuropsicólogo sin experiencia previa en pruebas psicométricas. El examen contiene cuatro componentes: orientación, memoria inmediata, concentración y memoria mediata.

La capacidad de discriminar entre jugadores con y sin conmoción cerebral cuando se usa el SAC es muy limitada, por lo tanto, los hallazgos posteriores a la lesión en el SAC deben usarse junto con las otras evaluaciones para reforzar la toma de decisiones clínicas. Basado en este punto, se incorporaron una prueba de flexibilidad cognitiva basada en el Efecto Stroop [12] y una prueba de equilibrio. Ambas pruebas miden dos aspectos no contemplados en el SAC y han demostrado ser sensibles en personas que han sufrido una lesión cerebral.

El sistema propuesto incluye entonces los cuatro componentes de SAC, los cuales forman parte del SCAT5: Evaluación de orientación temporal, evaluación de memoria, evaluación de concentración y evaluación de memoria mediata; más una evaluación de flexibilidad cognitiva basada en el Efecto Stroop y una evaluación de equilibrio.

Adicionalmente, se considerarán dos evaluaciones de entrenamiento, para que el médico le permita hacer al deportista durante el período de reposo competitivo sugerido luego de sufrir una conmoción cerebral. Estas evaluaciones son: evaluación de cálculos matemáticos y evaluación de percepción del tiempo.

Evaluación de orientación temporal

La aplicación realizará preguntas en las que el deportista deberá contestar de a una: el día de la semana, fecha, mes, año y hora en el momento de la evaluación (con un margen de 1 hora). Se otorga un punto por cada respuesta correcta y 0 por cada incorrecta. Está basado en las preguntas de Maddocks utilizadas en SCAT5 [13].

Evaluación de memoria inmediata

Se tienen 6 listas de 5 palabras cada una. La aplicación selecciona al azar una de ellas. Luego, se muestra cada una de esas palabras al deportista a una tasa de 1 segundo por palabra. El deportista deberá memorizarlas. A continuación, se le mostrarán en pantalla esas 5 palabras mezcladas con otras 5 palabras distintas. El deportista deberá seleccionar cuáles son las palabras que debió recordar. Se completan los 3 ensayos. Los resultados de cada ensayo serán independientes de los demás. Se otorga 1 punto por cada respuesta correcta. La puntuación total será igual a la suma de las 3 pruebas. No se informa al atleta de que más tarde se realizará la prueba de memoria diferida.

Evaluación de concentración

Esta evaluación consta de dos partes: Dígitos inversos y Meses del año en orden inverso.

Evaluación de dígitos inversos

La aplicación elige al azar una columna de dígitos de las 6 listas disponibles. Se muestra una serie de números a una tasa de 1 segundo por número y, al finalizar, se le solicita al deportista que los ingrese en orden inverso, es decir, hacia atrás. Por ejemplo, si se muestra 7-1-9, la persona evaluada deberá ingresar 9-1-7. Se comienza con la primera serie de 3 dígitos. Si es correcto, se pasa a la siguiente longitud de serie. Si es incorrecto, se muestra una segunda serie distinta con la misma cantidad de dígitos. Se asigna un punto para cada longitud de serie correcta. No se debe repetir ningún intento de una serie. La prueba se interrumpe si las respuestas son incorrectas en ambos intentos (2 No) en una misma longitud de serie. Los dígitos deben mostrarse a una velocidad de uno por segundo.

Evaluación de meses en orden inverso

Se le muestra al deportista el nombre de todos los meses del año en forma desordenada. Se le pide al deportista que los seleccione de manera secuencial del último al primero (es decir, de diciembre a enero). Se otorga 1 punto por cada secuencia correcta.

Evaluación de flexibilidad cognitiva

Se presentan dos situaciones, la primera donde aparece el nombre de un color y un cuadro pintado de otro color. El deportista deberá indicar cuando el nombre del texto coincide con el color del recuadro y cuando no. En la segunda situación, aparecerá un texto con el nombre de un color, y su fuente pintada de otro color. El evaluado deberá indicar cuando el color del texto coincide con el significado del mismo y cuando no lo haga. Estas situaciones serán evaluadas 8 y 7 veces respectivamente. Se otorga 1 punto por respuesta correcta.

Evaluación de equilibrio

Se presenta un elemento en el centro de la pantalla y cuatro cuadrantes numerados. Sobre los cuadrantes aparece una leyenda que indicará en qué cuadrante deberá situar dicho elemento. El deportista deberá mover el dispositivo, y este, haciendo uso de su sensor giroscópico deberá desplazar el elemento en consecuencia. Al ubicar el elemento en el cuadrante, la instrucción cambiará solicitando ubicarse en otro cuadrante. Esto en un tiempo fijo determinado.

Evaluación de memoria diferida

Recuerdo diferido

Se le pide al sujeto que escriba las cinco palabras memorizadas en el test de memoria inmediata. Se otorga 1 punto por cada palabra correcta.

Memoria de reconocimiento

Se le presenta al deportista las palabras adquiridas durante la fase de aprendizaje (evaluación de memoria inmediata) en una serie de palabras que incluye 5 palabras distractoras. El evaluado debe leer las palabras y seleccionar

todas las palabras que reconozca de la lista original. Se otorga 1 punto por cada palabra correcta.

Puntuación

Evaluación	Descripción / Subevaluación	Puntaje total
Orientación	Preguntas de Maddocks	5
Memoria inmediata	Tres intentos. 5 pts. máx. por intento.	15
Concentración	Números en orden inverso	4
	Meses en orden inverso	1
Flexibilidad cognitiva	Significado de texto y color del cuadro	8
	Coincidencia del significado y color del texto	7
Equilibrio	-	0
Memoria mediata	Recuerdo diferido	5
	Memoria de reconocimiento	5

Evaluación de entrenamiento

Evaluación de cálculos matemáticos

Se trata de cálculos matemáticos sencillos en un determinado tiempo, en donde el deportista deba pensar y escribir la respuesta. Si bien los cálculos no son difíciles, requerirán que el deportista tenga que pensar la respuesta y no responder de forma automática.

Evaluación de percepción de tiempo

Al iniciar la evaluación el deportista deberá contar 20 segundos para sí mismo. Cuando llegue al tiempo esperado tendrá que indicarlo en la aplicación que, por su parte, también contará de forma oculta el tiempo. El margen aceptado es de +/- 2 segundos.

Desarrollo

El sistema está conformado por una aplicación móvil, la cual permite realizar exámenes cognitivos basándose en los principios de SCAT5. Conformando así una nueva forma de evaluar digitalmente los factores neurocognitivos de deportistas que sufren golpes en la cabeza con sospecha de contusión cerebral. Esto ayudará al médico del equipo a determinar si dicho deportista puede continuar con la actividad o debe ser retirado por que pudiera presentar secuelas a corto o mediano plazo.

Es importante aclarar que las evaluaciones ofrecidas por el software están diseñadas para la detección y pesquisa de conmoción cerebral, no para su diagnóstico, que siempre dependerá de una evaluación e interpretación clínica.

La segunda parte del desarrollo consiste en una aplicación web.

La misma estará apuntada a médicos especialistas en neurología (administradores), quienes dispondrán de todos los datos almacenados traducidos en métricas, tablas y estadísticas con el fin de permitirles analizar y estudiar la

problemática y así detectar síntomas de manera anticipada, encontrar patrones y realizar predicción de enfermedades o síndromes devenidos de estas condiciones.

El segundo grupo de usuarios a los que esta web apuntará serán representantes de entidades deportivas (a través de sus representantes), a los cuales se les permitirá llevar a cabo la gestión de sus médicos y deportistas, como también realizar un seguimiento del rendimiento de estos últimos, analizando los distintos aspectos cognitivos que la herramienta móvil captura.

Aplicación web

Los usuarios administradores, tendrán acceso al alta de otros usuarios de cualquier perfil, como también pueden consultar la base de datos de resultados de tests de los múltiples deportistas. Esto es útil para permitirles obtener la información necesaria que necesitan para validar sus posibles hipótesis sobre la problemática. Ellos podrán comparar los datos recabados de los tests, descargarlos para tener un mejor manejo y dispondrán también de métricas generales y cuadros comparativos para facilitar la interpretación de dichos datos.

Las funcionalidades ofrecidas para los usuarios entidad deportiva son las de gestión de actividades deportivas, categorías (para dichas actividades), vinculación y gestión de staff médico y de deportistas. Éstos pueden crear usuarios médicos e informar por mail a quienes correspondan acerca de esta acción para que comiencen a interactuar con la plataforma móvil.

En el caso que una entidad deportiva desee incluir a un usuario (deportista o médico) ya existente, podrán enviar una solicitud de vinculación que será luego aceptada o rechazada por el usuario en cuestión. Las solicitudes de vinculación únicamente podrán ser enviadas desde las entidades y no en viceversa.

Aplicación móvil

La aplicación móvil permitirá a los médicos acceder a la información de sus planteles a cargo, atender las solicitudes de vinculación de entidades deportivas y lo más importante de todo, realizar evaluaciones cognitivas a deportistas en diferentes modalidades según la situación lo amerite. Estas son: test basal, test de campo y test de emergencia. Además, podrán enviar a sus deportistas ejercicios de entrenamiento para que ellos puedan realizar luego de detectarse una conmoción cerebral.

A los usuarios con perfil deportistas se les permitirá: consultar sus datos; aceptar o rechazar solicitudes de vinculación de entidades deportivas; realizar tests de prueba y realizar tests de entrenamiento.

Test cognitivo de modalidad basal

Este test deberá ser realizado por deportistas y supervisado por el médico de un plantel deportivo al inicio de la temporada. Este test se utilizará como referencia para los futuros test que realice dicho deportista. El mismo deberá ser realizado en un ambiente homogéneo, calmo y

controlado. El deportista deberá contestar por sus propios medios, sin ayuda de un tercero.

Test cognitivo de modalidad de campo

Este test deberá ser realizado por deportistas y supervisado por el médico de un plantel deportivo luego que el sujeto sufra un golpe en la cabeza y se presuma una posible contusión cerebral. El test se realizará al costado del campo de juego. El deportista deberá contestar por sus propios medios, sin ayuda de un tercero.

Test cognitivo de modalidad de emergencia

La operatoria de este test es idéntica a la del test de campo. La diferencia recae en que primero se evaluará al deportista y al finalizar se asociará lo realizado al perfil existente en la aplicación. Esto es así para los casos donde en la vorágine del acontecimiento, el médico no recuerde el nombre del deportista o se le dificulte encontrarlo en la aplicación.

Test cognitivo de pruebas

El test de pruebas será una adaptación de los tests reales, con datos diferentes a los lotes de evaluación cotidianos. El mismo consistirá en la evaluación de memoria inmediata, evaluación de concentración de números inversos y evaluación de equilibrio.

Este test deberá ser realizado por deportistas desde sus propios dispositivos celulares con el propósito de familiarizarse con la aplicación y la dinámica de evaluación.

Test de entrenamiento

El objetivo es que, una vez detectada una conmoción cerebral, el médico del equipo pueda enviarle al deportista ejercitación para que realice durante su reposo competitivo. Estos ejercicios podrán ser controlados por el médico, quien se enterará que fueron finalizados mediante una notificación en la aplicación. Esto ayudará al médico a realizar control sobre el deportista afectado. Las evaluaciones disponibles son evaluación de cálculos matemáticos y evaluación de percepción del tiempo.

Fundamentos médicos

Evaluación de orientación temporal

El objetivo es observar si el paciente se encuentra orientado en tiempo y espacio. El empeoramiento en esta prueba en comparación con la línea de base no significará que el sujeto sufre una conmoción cerebral, sin embargo, puede indicar que se encuentra perturbado.

Evaluación de memoria inmediata

Los tres ensayos son llamados ensayos de aprendizaje. La memoria inmediata no distingue de manera confiable a los atletas con lesiones y con conmoción cerebral. Sin embargo, puede dar indicios de su capacidad de aprender información nueva.

Evaluación de concentración

La evaluación de dígitos inversos mide la atención y la resistencia a la distracción, la memoria inmediata y la memoria de trabajo.

La evaluación de meses inversos es considerada como una prueba de atención, de concentración, memoria de trabajo, función ejecutiva, flexibilidad cognitiva y velocidad de procesamiento central.

Evaluación de flexibilidad cognitiva

Esta evaluación permite estudiar la capacidad de controlar la interferencia automática, también llamado Efecto Stroop. Se presentan dos situaciones básicas, una donde los estímulos legibles coinciden con el color de tinta en que son presentados y otra en que los estímulos verbales nunca designan el color con que se presentan. En esta última condición es donde se da el conocido fenómeno de la interferencia de Stroop, que consiste en la interferencia que tiene lugar cuando el sujeto debe inhibir el proceso automático de lectura ante la tarea de leer el color de tinta con que se presenta la palabra. Esta tarea requiere un gran esfuerzo atencional por parte del sujeto, ya que la palabra escrita en color incita una respuesta automática. El test además nos permite evaluar la lectura involuntaria de palabras cuando focalizamos el análisis hacia la situación no conflictiva (el estímulo verbal es congruente con el color de tinta en que se presenta). Se pone a prueba la capacidad de inhibir la respuesta automática del sujeto al comparar el significado de una palabra con el color de otra.

Evaluación de equilibrio

Este test no registra información. Es útil para que el médico supervisor observe el balance y la postura del deportista luego del golpe. Además, sirve para distraer y relajar al deportista de cara al próximo test.

Evaluación de memoria diferida

Analiza la memoria de retención, evocación inmediata, el aprendizaje de la lista y la capacidad de retención después de una labor de interferencia no mnésica.

Evaluación de cálculos matemáticos

Trabaja la atención, la memoria de trabajo y la memoria a corto plazo.

Evaluación de percepción del tiempo

Permite observar si el deportista es capaz de contar el tiempo, manteniendo un ritmo adecuado durante un tiempo determinado. Esto ayuda a evaluar su concentración y orientación temporal del sujeto.

Arquitectura

La plataforma se basa en tres pilares fundamentales: backend, frontend web y desarrollo móvil. Los componentes, herramientas y lenguajes utilizados son los indicados en las siguientes tablas:

Backend		
Componente/ Herramienta	Versión	Utilizado para

Java	1.8	Lenguaje de base para la herramienta
Apache Tomcat	8.5	Webserver
Apache Maven	3.5.2	Framework que estructura y administra dependencias
Spring	2.0.0	Framework
Hibernate	5.4.3	Framework ORM
MySQL	8.0.15	Motor de base de datos

Frontend		
Componente/Herramienta	Versión	Utilizado para
CSS	3	Diseño
JavaScript	ECMAScript 2016	Lenguaje de programación de base
Angular	8.1.0	Framework de base
NodeJs	10.15.3	Entorno de ejecución JavaScript
Npm	10	Gestor de paquetes y dependencias

Aplicación Móvil		
Componente/Herramienta	Versión	Utilizado para
CSS	3	Diseño
JavaScript	ECMAScript 2016	Lenguaje de programación de base
React-Native	0.59.8	Framework de base
NodeJs	10.15.3	Entorno de ejecución JavaScript
Npm	10	Gestor de paquetes y dependencias
JSX	-	Adaptador de lenguaje JavaScript
SQLite	3	Base de datos offline

La elección de la tecnología híbrida React-Native se debe a la posibilidad que nos ofrece de generar una aplicación que sea compatible tanto con Android como con iOS, manteniendo un único código fuente.

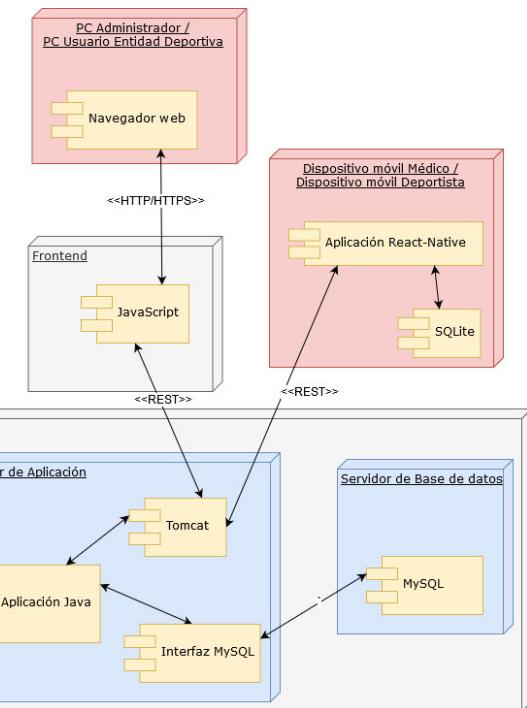


Figura 1 - Diagrama de Despliegue

Discusión

Hoy en día cuando un deportista sufre una conmoción cerebral durante un encuentro, a lo sumo se le realiza una evaluación cognitiva visual, escrita y oral. Estos datos recabados son difíciles de analizar en la posteridad, por lo que los médicos especializados en neurología no cuentan con las herramientas necesarias para avanzar en el estudio del problema principal: la encefalopatía traumática crónica.

Asimismo, las aplicaciones digitales que existen no persisten la información obtenida (con lo cual el problema es el mismo). Además, no están homologadas ni validadas por algún ente especializado en el área y en su gran mayoría están en inglés.

El presente desarrollo permitirá formalizar los datos analizados para el estudio de la encefalopatía traumática crónica, teniendo como objetivo profundizar el conocimiento de esta enfermedad y así lograr detectarla anticipadamente y tratarla de manera adecuada antes que el individuo fallezca.

En la actualidad, la CTE puede ser sospechada pero no confirmada sino hasta después del fallecimiento del afectado.

El presente desarrollo permitirá formalizar los datos analizados para el estudio de la CTE, teniendo como objetivo principal profundizar el conocimiento de esta enfermedad y así lograr una detección temprana para tratarla de manera adecuada antes que la persona fallezca. Pretenderá también generar concientización en los deportistas que en definitiva son quienes padecen las lesiones cerebrales.

Conclusión

Construir un software que permita la detección de conmociones cerebrales con la misma precisión que un test efectuado por un médico requiere un estudio de campo preliminar minucioso. Es importante definir cuáles serán los aspectos cognitivos básicos a evaluar, como también el desarrollo de cada evaluación a realizar. Es muy importante también que una evaluación completa dure el menor tiempo posible y su resultado no pierda fidelidad. También es fundamental que el software sea lo más amigable posible teniendo en cuenta que los usuarios serán de diversos perfiles, asumiendo que ninguno es experto en tecnología.

El volumen de información y la calidad de los resultados que ofrecerá este sistema en un mediano plazo será fundamental para el estudio de la Encefalopatía Traumática Crónica producida por contusiones cerebrales periódicas, permitiendo de esta manera profundizar su conocimiento y relación con enfermedades neurodegenerativas como la depresión y el Alzheimer, entre otras ya mencionadas.

Referencias

- [1] A. Andrade-López, R. Mendoza-Flórez, C. Blanco-Teherán, L. Quintana-Pájaro, H. Padilla-Zambrano, Y. Ramos-Villegas, A. M. Rubiano, A. Pacheco-Hernández y L. R. Moscote-Salazar, «Chronic Traumatic Encephalopathy: Review of Literature.» *Revista Ecuatoriana de Neurología*, vol. 26, nº 3, pp. 251-257, 2017.
- [2] A. C. McKee, R. C. Cantu, C. J. Nowinski, T. Hedley-Whyte, B. E. Gavett, A. E. Budson, V. E. Santini, H.-S. Lee, C. A. Kubilus and R. A. Stern, "Chronic Traumatic Encephalopathy in Athletes: Progressive Tauopathy After Repetitive Injury," *J Neuropathol Exp Neurol*, vol. 68, no. 7, pp. 709-735, Julio 2009.
- [3] B. I. Omalu, S. T. DeKosky, R. L. Minste, M. I. Kamboh, R. L. Hamilton and C. H. Wecht, "Chronic Traumatic Encephalopathy in a National Football League Player," *Neurosurgery*, vol. 57, pp. 128-134, Julio 2005.
- [4] B. I. Omalu, S. T. DeKosky, R. L. Hamilton, R. L. Minster, M. I. Kamboh, A. M. Shakir y C. H. Wecht, «Chronic Traumatic Encephalopathy in a National Football League Player: Part II,» *Neurosurgery*, vol. 59, pp. 1086-1093, Noviembre 2006.
- [5] A. A. Arellano, M. Ramos S., E. Jaña B., T. Velozo D., R. Muñoz G, F. Orellana C, A. Varela H, P. Herrera A, C. Martínez T, R. Torres A y L. Lamus A, «Encefalopatía traumática crónica, definición, diagnóstico y prevención. Revisión de la literatura,» *Revista Chilena de Neurocirugía*, nº 43, pp. 69-73, 2017.
- [6] G. L. Iverson, «Suicide and Chronic Traumatic Encephalopathy,» *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, pp. 9-16, Octubre 2015.
- [7] A. I. Faden and L. D. J., "Chronic Neurodegeneration After Traumatic Brain Injury: Alzheimer Disease, Chronic Traumatic Encephalopathy, or Persistent Neuroinflammation?", *Neurotherapeutics*, pp. 143-150, 25 Septiembre 2014.
- [8] R. J. Echemendia, W. Meeuwisse, P. McCrory, G. A. Davis, M. Putukian, J. Leddy, M. Makdissi, S. J. Sullivan, S. P. Broglio, M. Raftery, K. Schneider, J. Kissick, M. McCrea, J. Dvořák, A. K. Sills, M. Aubry, L. Engebretsen, M. Loosemore, G. Fuller, J. Kutcher, R. Ellenbogen, K. Guskiewicz, J. Patricios y S. Herring, «The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale,» *British Journal of Sports Medicine*, vol. 51, pp. 848-850, 14 Febrero 2017.
- [9] M. Bond y B. Jennet, «Assessment of Outcome After Severe Brain Damage: A Practical Scale,» *The Lancet*, vol. 305, pp. 480-484, 1 Marzo 1975.
- [10] M. McCrea, J. P. Kelly, J. Kludge, B. Ackley y C. Randolph, «Standardized Assessment of Concussion in football players,» *American Academy of Neurology*, vol. 48, nº 3, pp. 586-588, 1 Marzo 1997.
- [11] M. McCrea, J. P. Kelly, J. Kludge, E. Bartolic, C. Randolph and B. Baxter, "Standarized Assessment of Concussion (SAC): On-Site Mental Status Evaluation of the Athlete," *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, pp. 27-35, Abril 1998.
- [12] C. M. MacLeod, «Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review,» *Psychological Bulletin*, vol. 109, nº 2, pp. 163-203, 1991.
- [13] D. L. Maddocks, G. D. Dicker y M. M. Sailing, «The assessment of orientation following concussion in athletes,» *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 5, nº 1, pp. 32-33, 1995.