

Decremento de las funciones ejecutivas en deportistas

Gabriela Orozco Calderón

dragabrielaorozco@gmail.com

Ingrid Ruz Santos

Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen: Se describieron las características neuropsicológicas en funciones ejecutivas de una muestra de deportistas de contacto, tomando en cuenta la presencia de historia de conmoción cerebral, con la finalidad de identificar aquellas características en las que se presentara un dominio o alteración con significancia clínica. Se entrevistó y evaluó a una muestra de deportistas de contacto, mediante la aplicación de la batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales, BANFE. Se encontró que al comparar los resultados de acuerdo al historial de conmoción cerebral, quienes habían reportado una o más conmociones previas, obtuvieron puntuaciones significativamente menores en tareas reguladas por la corteza orbitomedial, y memoria de trabajo visoespacial. Se concluye que los deportes de contacto aportan beneficios a nivel cognitivo, sin embargo, las conmociones cerebrales pueden afectar de forma negativa la ejecución para pruebas relacionadas con el área orbitomedial.

Palabras clave: funciones ejecutivas; conmoción cerebral; deporte de contacto; neuropsicología deportiva; BANFE.

Decreasing executive functions in athletes

Abstract: The neuropsychological characteristics in executive functions of a sample of contact athletes were described taking into account the presence of a history of concussion in order to identify those characteristics in which a domain or alteration with clinical significance was presented. Some contact sports athletes were interviewed and evaluated by applying the frontal assessment battery executive functioning. It was found that when comparing the results according to the history of concussion, those who had suffered one or more previous concussions, obtained significantly lower scores in tasks regulated by the medial orbital cortex, and visuospatial working memory. It is concluded that contact sports bring benefits at the cognitive level; however, concussions can negatively affect the execution for tests related to the medial orbital area.

Keywords: executive functions; concussion; contact sports; sports neuropsychology; FAB

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que el deporte es una variedad de actividad física planificada, estructurada, repetitiva y realizada con un objetivo relacionado con la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física (OMS, 2017). Los deportes de contacto incluyen las especialidades que presentan confrontaciones entre adversarios, quienes, enfrentados entre sí, intentan hacer presa, alcanzar o golpear al antagonista. Son clasificados como peligrosos, ya que usan técnicas de combate designadas a causar daño de un modo controlado. Las lesiones varían de acuerdo a las técnicas que más se emplean, por ejemplo, las lesiones en las extremidades superiores son más frecuentes en judo; lesiones en la cabeza y en la cara en karate, y las lesiones en extremidades inferiores en tae kwon do, a pesar de esto se va a recibir impacto directo o indirecto en la cabeza (Woodward, 2009).

La neuropsicología deportiva estudia los beneficios y riesgos de la práctica deportiva (Webbe, 2011). Los efectos positivos fomentan la autodisciplina y resolución no violenta de los conflictos dentro de la práctica de los mismos, esto promueve beneficios tanto en el rendimiento cognitivo como en la regulación emocional (Terry, 2006). Los riesgos incluyen competencias o enfrentamientos, en los cuales se es vulnerable a recibir golpes directos a la cabeza, ocasionando lesiones neurológicas (Zazryn, McCrory & Cameron, 2008); lo cual deja secuelas que persistan a nivel cognitivo (Williams, Potter & Ryland, 2010). La OMS cuenta con una clasificación de las diferentes lesiones que pueden realizarse en la cabeza (Carroll *et al.*, 2004), incluida la conmoción cerebral (CC).

La CC es una afectación que presenta o no una pérdida de conciencia, con un corto período de amnesia seguida de una recuperación rápida y total, sin ningún signo neurológico focal. No hay lesión estructural macroscópica del cerebro, tan solo se producen lesiones por estiramiento de los tractos axonales de la sustancia blanca, con pérdida reversible de su función, responsables de la pérdida de conciencia transitoria. El concepto CC se usa en el contexto de un traumatismo craneoencefálico para referirse a una afectación breve de funcionamiento neurológico y neuropsicológico, el cual se resuelve entre 7 y 14 días (Wrightson, 2000). Un número de síntomas persisten más allá de este periodo en un número significativo de casos.

Estos síntomas pueden ser somáticos (dolores en la cabeza, fonofobia, fotofobia, insomnio, fatiga, visión borrosa y mareos); cognitivos (dificultad para concentrarse, pérdida de memoria disminución en la velocidad de procesamiento, incapacidad de

realizar varias tareas al mismo tiempo y dificultad para iniciativa y planeación) o neuropsiquiátricos (depresión, irritabilidad, ira, cambios en el estado de ánimo y pérdida de la libido). Las CC asociadas al deporte de contacto representan una preocupación de problema de salud para quienes lo practican.

Desde la neuropsicología clínica se han hecho avances considerables con respecto a la evaluación, diagnóstico, rehabilitación y las decisiones con respecto al regreso a la actividad física o juego (Echemendía, 2006). Las secuelas neuropsicológicas al recibir una única concusión o un traumatismo craneoencefálico leve son imperceptibles de manera posterior a los 7 días, al comparar a jugadores de fútbol americano con sujetos control (Williams, Potter & Ryland, 2010). Las lesiones cerebrales leves son muy comunes en los deportes. Se reporta 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 & Valovich-McLeod, 2006).

Al recibir una segunda lesión en la cabeza de manera posterior a una primera conmoción puede llevar hasta la muerte, lo que han denominado Síndrome del Segundo Impacto, 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 & Ida, 2016).

Diferentes pruebas neuropsicológicas han reportado sensibilidad ante las secuelas cognitivas de la CC. Por ejemplo, personas diagnosticadas con CC, presentan mejorías seis meses después usando el Test de Cartas de Wisconsin (mide las funciones ejecutivas), el cual presenta sensibilidad ante el cambio o la mejoría del desempeño cognitivo y resulta útil para clasificar a los pacientes entre un desempeño "normal" o "con déficit" después de una CC (del Valle *et al.*, 2008). También se han descrito que afectaciones cognitivas de la CC en memoria de trabajo y velocidad de procesamiento, usando las tareas *N-back* y el *PVSAT*, podían persistir incluso después de un año (Dean & Sterr, 2013).

Se evidencia que la acumulación de CC puede deteriorar más profundamente el procesamiento cognitivo, por ejemplo, Gronwall & Wrightson (1975), evaluaron personas que habían sufrido CC repetidas, las cuales se desempeñaron en un menor rango en procesamiento de información usando el PASAT, en comparación con personas que sufrieron solo una o ninguna CC.

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 padecido una lesión previa (Wall *et al.*, 2006). En otro deporte, jugadores de *futbol soccer* que han sufrido de CC repetidamente presentan un peor desempeño ante pruebas neuropsicológicas (Matser *et al.*, 1999) y también se ha encontrado que los jugadores de futbol conocidos por "cabecear" el balón se reporta que muestran una incidencia más alta de afectación neuropsicológica que aquellos que no solían hacerlo (Tysvaer & Storli, 1989; Matser *et al.*, 1999).

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 CC puede dejar secuelas a largo plazo en el funcionamiento cerebral, incluso cuando la persona no manifieste signos conductuales; 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. Uno de los riesgos de los deportes de contacto se relaciona con la posibilidad de presentar golpes directos o indirectos en la cabeza, y con ello afectaciones neurológicas. La mayoría de los estudios plantean que estas secuelas son persistentes a largo plazo y que pueden ser evidentes a través de la evaluación neuropsicológica. Por esto el objetivo es describir y comparar las funciones ejecutivas en deportistas de contacto con historial de CC y sin ello.

Método

Diseño experimental: no experimental de tipo transversal-descriptivo con un muestreo no probabilístico de participantes voluntarios (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2006).

Participantes

La muestra fue de 20 deportistas de contacto con lateralidad diestra, con un rango de edad entre 18 y 36 años ($X=24,85$, D.E.=5,56), de los cuales 65 % ($n=13$) eran hombres y 35 % ($n=7$) eran mujeres. Todos tenían una escolaridad alta (rango de los 12 a los 17 años; $X=14,55$, D.E.=1,64). Ocho participantes informaron haber presentado historial de CC en su práctica deportiva (cinco hombres y tres mujeres).

La mayoría realizaban deportes de combate (85 %), 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 de práctica al momento del estudio osciló entre un mínimo de tres meses y un máximo de 324 meses ($X=72,15$, D.E.=86,96), y las horas que llevaban de práctica se encontró entre una hora y 12 horas a la semana ($X=7,15$, D.E.=3,32).

Instrumentos

Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (Flores, Ostrosky & Lozano, 2012). Cuenta con datos normativos en población mexicana de acuerdo a edad y escolaridad (de 6 a 80 años edad y 4-25 años de escolaridad). Se obtiene un perfil por áreas, un total normalizado por áreas y un índice total normalizado (media de 100 y desviación estándar de 15). Permite clasificar la ejecución del sujeto en: normal alto (116 en adelante), normal (85-115), alteraciones leves a moderadas (70-84), y alteraciones severas (menos de 69). Las subpruebas son seleccionadas y divididas bajo el criterio anátomo-funcional, evalúan funciones de la corteza orbito- medial, corteza dorsolateral y corteza prefrontal anterior.

Las pruebas que evalúan funciones que dependen principalmente de la corteza orbitofrontal (COF) y corteza prefrontal dorsomedial (CPFM) son: Stroop, Cartas de Iowa y Laberintos. Las pruebas que evalúan funciones que dependen de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL): Señalamiento autodirigido, Memoria de trabajo visoespacial secuencial, Memoria de trabajo verbal, ordenamiento, Clasificación de cartas, Laberintos, Torre de Hanoi, Resta consecutiva y Generación de verbos. Las pruebas que evalúan funciones que dependen principalmente de la corteza prefrontal anterior CPFA son: Generación de clasificaciones semánticas, Comprensión y selección de refranes y

Curva de metamemoria

-Herramienta de Evaluación de Conmoción en el Deporte 3/Sport Concussion Assesment Tool, SCAT-3. Es considerada una guía de síntomas de conmoción cerebral. Evalúa los síntomas somáticos persistentes después de una conmoción cerebral, consiste en una evaluación breve de las posibles secuelas neurológicas y cognitivas. Se divide en nueve

subpruebas: síntomas, signos físicos, Escala de Glasgow, balance, coordinación, orientación, memoria inmediata, concentración y memoria retardada. Al fallar o cometer errores en las subpruebas, el puntaje final baja e indica alguna probable alteración causada por una conmoción cerebral. La adaptación al español fue realizada por Ortiz & Murguía (2017).

Procedimiento

Se reclutaron mediante una convocatoria por medios visuales y a través de la transmisión de información por medio audioverbal dentro de la comunidad deportiva en varios escenarios (clubes, centros deportivos, escuelas). Se explicó en qué consistía el estudio y si aceptaban participar voluntariamente se pidió firmaran el consentimiento informado. Se aplicó una entrevista, el SCAT y del BANFE. En la entrevista se indagó acerca de la práctica deportiva (tipo de deporte, tiempo y frecuencia de la práctica), historial de conmoción cerebral (se daba una explicación previa acerca de este tipo de lesiones para determinar su presencia y cantidad), y presencia de otras patologías psiquiátricas. Se tomó cuenta los factores internos de los participantes (que no estuvieran desvelados, que estuvieran bien hidratados, que no estuvieran en ayuno, etc.), y factores externos o ambientales, cuidando que tuvieran una adecuada iluminación y estuvieran exentos de ruido. Se entregaron los resultados por escrito, a cada uno de los participantes.

Análisis de Datos

Se analizó con el programa estadístico: IBM SPSS Statistics versión 22. Se hizo estadística descriptiva para las características sociodemográficas, deportivas y puntajes de las pruebas. Para la comparación entre los grupos se usaron la T de Student para muestras independientes, así como U de Mann-Whitney.

Resultados

En la batería BANFE, el grupo CC presentó puntuaciones bajas de manera consistente en los totales de las pruebas aplicadas.

En la Tabla 1 se observa la diferencia estadísticamente significativa en la comparación entre grupos en puntuación del total del área *Orbitomedial* de la prueba BANFE, siendo un puntaje menor en el grupo CC ($x=84,63/14,66$) comparado con el grupo SC ($x=104/15,53$); la diferencia fue de 19,875 puntos ($t = 2,87, p = 0,010$).

El grupo SC cerebral reporta un menor número de síntomas de CC, y que en las demás subpruebas obtienen un resultado bastante similar.

Tabla 1. Resultados totales neuropsicológicos por historial de conmoción cerebral

	Con Conmoción Cerebral (CC)		Sin Conmoción Cerebral (SC)		t	p
	M	D.E.	M	D.E.		
SCAT-3 (Evaluación Cognitiva)	27,38	1,60	27,75	1,54	0,44	0,67
BANFE. Orbitomedial	84,63	14,66	104,50	15,53	2,87	0,01*
BANFE. Dorsolateral	100,00	15,81	102,08	12,21	0,33	0,74
BANFE. Prefrontal Anterior	105,13	6,31	105,75	14,05	0,12	0,91
BANFE Total	97,75	13,01	103,25	13,67	0,90	0,38

Nota. *p < 0,05

No se encontró que ninguna de las diferencias observadas tuviera una significancia estadística.

Al comparar los resultados de BANFE, de acuerdo al historial de CC, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas para las pruebas de *Stroop forma A Aciertos* ($p=0,002$), *Memoria de trabajo visoespacial secuencia máxima* ($p=0,047$) y *Total Orbitomedial* ($p=0,012$), en las cuales el grupo SC cerebral tuvo un mejor desempeño. Por otro lado, en la prueba de *Señalamiento autodirigido Tiempo* ($p=0,025$) el grupo CC logró una ejecución más eficiente.

En la Tabla 2 se comparan los resultados de BANFE, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas para las pruebas de *Stroop forma A Aciertos* ($p=0,002$), *Memoria de trabajo visoespacial secuencia máxima* ($p=0,047$) y *Total Orbitomedial* ($p=0,012$) en las cuales el grupo SC tuvo un mejor desempeño.

Por otro lado, en la prueba de *Señalamiento autodirigido Tiempo* ($p=0,025$) el grupo CC logró realizar la tarea en menos tiempo. Finalmente los resultados con la guía de conmoción SCAT-3 indican que el grupo SC 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. Comparación de resultados BANFE de acuerdo al historial de conmoción cerebral

BANFE	Con Conmoción Cerebral (CC)		Sin Conmoción Cerebral (SC)		Sig.
	M	D.E.	M	D.E.	
Laberintos. Atravesar	2,13	3,09	0,50	0,80	0,208
Juego de Cartas. Porcentaje cartas de riesgo	39,25	19,07	37,25	11,43	0,792
Prueba de juego. Puntuación total	25,13	23,15	28,58	12,89	0,792
Stroop forma A. Errores tipo Stroop	1,25	1,67	0,25	0,45	0,115
Stroop forma A. Tiempo	79,88	6,64	75,92	13,97	0,343
Stroop forma A. Aciertos	80,88	1,96	83,25	0,97	0,002*
Stroop forma B. Errores tipo Stroop	0,63	0,52	0,50	0,90	0,384
Stroop forma B. Tiempo	70,00	14,43	64,33	10,76	0,384
Stroop forma B. Aciertos	83,38	0,52	83,33	1,15	0,521
Clasificación de cartas. Errores de mantenimiento	0,38	0,74	0,67	1,23	0,734
Clasificación semántica. Número de categorías abstractas	6,00	2,39	6,25	2,18	0,97
Refranes. Tiempo	70,00	8,11	86,00	34,53	0,473
Refranes. Aciertos	4,06	0,56	4,08	0,60	1
Metamemoria. Errores negativos	1,63	1,06	1,83	1,64	0,91
Metamemoria. Errores positivos	2,00	1,07	1,58	0,90	0,343
Señalamiento autodirigido. Perseveraciones	1,63	1,77	3,17	2,69	0,27
Señalamiento autodirigido. Tiempo	48,63	26,27	85,67	37,90	0,025*
Señalamiento autodirigido. Aciertos.	19,50	4,11	17,75	6,34	0,678
Resta 40 - 3. Tiempo	24,50	6,76	24,42	7,22	0,851
Resta 40 - 3. Aciertos	12,50	0,53	12,83	0,39	0,238
Resta 100 - 7. Tiempo	68,38	44,94	56,83	21,49	0,792
Resta 100 - 7. Aciertos	11,38	2,62	13,25	1,48	0,157
Suma consecutiva. Tiempo	34,00	9,80	30,67	13,02	0,27
Suma consecutiva. Aciertos	19,75	0,71	20,00	0,00	0,678
Ordenamiento alfabético. Núm ensayos 1	1,50	0,76	1,50	1,17	0,678
Ordenamiento alfabético. Núm ensayos 2	4,13	1,36	3,42	1,73	0,27
Ordenamiento alfabético. Núm ensayos 3	4,63	1,41	3,58	1,56	0,157
Memoria de trabajo visoespacial. Secuencia máxima	2,88	0,83	3,67	0,49	0,047*
Memoria de trabajo visoespacial. Perseveraciones	0,25	0,46	0,08	0,29	0,571
Memoria de trabajo visoespacial. Errores de orden	0,13	0,35	0,17	0,39	0,91
Laberintos. Planeación (sin salida)	2,38	2,83	1,42	1,16	0,734
Laberintos. Tiempo	21,13	5,14	21,42	4,72	0,851
Clasificación de cartas. Aciertos	48,25	8,96	50,25	5,08	0,97
Clasificación de cartas. Perseveraciones	4,13	3,09	2,17	2,66	0,157
Clasificación de cartas. Perseveraciones de criterio	2,13	3,40	1,42	1,93	0,734
Clasificación de cartas perseveraciones de criterio	4,50	0,93	4,83	0,58	0,571
Clasificación de cartas. Tiempo	290,50	84,10	322,42	99,65	0,571
Clasificación semántica. Total de categorías	11,38	1,41	10,00	2,26	0,115

BANFE	Con Conmoción Cerebral (CC)		Sin Conmoción Cerebral (SC)		
	M	D.E.	M	D.E.	
Clasificación semántica. Promedio animales	5,63	1,51	6,17	1,34	0,305
Clasificación semántica. Puntaje total	26,50	5,78	24,50	6,07	0,473
Fluidez verbal. Aciertos	23,13	4,61	21,92	6,49	0,851
Fluidez verbal. Perseveraciones	0,50	0,76	0,17	0,39	0,427
Torre de Hanoi 3 discos. Movimientos	9,00	3,74	9,83	2,79	0,343
Torre de Hanoi 3 discos. Tiempo	20,63	7,41	24,92	13,26	0,678
Torre de Hanoi 4 discos. Movimientos	32,00	16,91	28,75	10,93	0,91
Torre de Hanoi 4 discos. Tiempo	88,25	60,62	87,92	76,10	0,734

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 (Orozco, 2018; Chaddock *et al.*, 2010; Radak *et al.*, 2006; Niemann *et al.*, 2014; Liu-Ambrose *et al.*, 2010; Trejo, Carro & Torres, 2001). En 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 existe evidencia que señala 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; Omalu *et al.*, 2005; Daneshvar *et al.*, 2011; Howell *et al.*, 2013; Dean & Sterr, 2013; Quintana, 2016).

En los deportes de contacto existe mayor riesgo de sufrir golpes en la cabeza, en comparación con los deportes individuales (Tommasone & Valovich-McLeod, 2006), se ha encontrado que la práctica de artes marciales se asocia con beneficios psicológicos/cognitivos que no se observan en otros deportes, como lo son: disminución de las actitudes violentas (Tejero, Balsalobre & Ibáñez, 2011; Tejero, & Balsalobre, 2011); disminución y prevención de la depresión y ansiedad (Abbott & Lavretsky, 2013); aumento de la capacidad de autorregulación (Lakes & Hoyt, 2004), mejores respuestas en rapidez y precisión ante pruebas de control inhibitorio motriz (Lakes *et al.*, 2013), aumento en la velocidad de respuesta motriz (Muiños & Ballesteros, 2013); así como mejores puntuaciones en concentración, visoconstrucción y memoria (Orozco *et al.*, 2016).

Las evidencias en artes marciales se centran en sus beneficios, mientras que la neuropsicología del deporte se ha centrado más en la prevalencia de golpes en la cabeza en deportes como el box, el fútbol americano, el rugby y el hockey, y en la evaluación de funciones específicas a través de pruebas de corta duración. Si bien, en la mayoría de los deportes de contacto buscan evitar las lesiones fuertes en la cabeza, es un riesgo que se mantiene a lo largo de su práctica y que, por lo tanto, es importante analizar y estudiar desde una aproximación neuropsicológica y considerando la interacción sistémica de las funciones cerebrales que se puede presentar en los que han sufrido conmociones cerebrales.

Es por todo ello que el objetivo de esta investigación consistió en el desempeño neuropsicológico en funciones ejecutivas de los deportistas de contacto, tomando en cuenta la influencia de la historia de conmoción cerebral, con la finalidad de identificar cuáles son las funciones o características en las que presentan una alteración/dominio con significancia clínica.

La conmoción cerebral es un proceso fisiopatológico complejo, que afecta funciones neurológicas de corta duración, que se resuelve espontáneamente; sin embargo, los síntomas clínicos y cognitivos también suele seguir un curso secuencial y, en algunos casos, pueden ser prolongados (McCrary *et al.*, 2013). Con la aplicación del SCAT-3 se analizó si a pesar del tiempo transcurrido después de la conmoción era capaz de diferenciar a los deportistas que habían sufrido conmoción cerebral de quienes no lo habían sufrido; y por otro lado, describir los resultados encontrados como precedente para futuras investigaciones en población mexicana.

Se encontró que los deportistas de contacto presentaron una adecuada ejecución de las pruebas físicas relacionadas con la evaluación de signos neurológicos; es decir, que obtuvieron la totalidad de los puntos para el examen de *Cuello* y la *Coordinación de miembros superiores*; y presentaron pocos errores para la prueba de *Balance*. Es importante tomar en cuenta que los resultados anteriores indican la importancia de aplicar e interpretar la herramienta de conmoción (SCAT-3) en la etapa aguda de la conmoción cerebral, ya que la mayoría de los síntomas (80-90%) se resuelven en un corto periodo (de 7 a 10 días); aunque este rango podía ser mayor para niños y adolescentes (McCrary *et al.*, 2005).

Van-Kampen y otros colegas (2006) señalan que al emplear la herramienta en el contexto deportivo, el reporte de los síntomas debe interpretarse en conjunto con una

evaluación neurocognitiva, pues si se confía solamente en el autorreporte del deportista, esto podría resultar en un subdiagnóstico de la conmoción cerebral y como consecuencia, el permitirle que regrese de forma prematura al juego (desencadenando otras posibles consecuencias negativas).

Respecto a la evaluación cognitiva del SCAT-3, ambos grupos obtuvieron un promedio cercano 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 cinco elementos de una lista de palabras. Sin embargo, por sí misma, no pareciera tener la sensibilidad suficiente para distinguir quiénes han sufrido CC 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.

Cabe mencionar que el 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 (McCrory *et al.*, 2013).

Con respecto a la batería BANFE, se pudo apreciar que ambos grupos su desempeño para las pruebas correspondientes con *Dorsolateral* (Funciones Ejecutivas y Memoria de Trabajo) se encuentra principalmente por arriba de la norma; mientras que para aquellas relacionadas con el funcionamiento *Orbitomedial* su desempeño es predominantemente más bajo que el grupo sin CC, y se caracteriza también por una mayor presencia de perseveraciones (tanto en tareas verbales como no verbales).

Se pone de manifiesto una tendencia en el grupo con CC hacia una mayor afectación de estructuras mediales (a nivel frontal y temporal), que por un lado estaría impactando el desempeño en control inhibitorio (a nivel cognitivo y motriz). Los hallazgos anteriores parecen concordar con lo propuesto por Shumskaya y demás colaboradores (2012), quienes defienden que el traumatismo craneoencefálico (incluso siendo leve) altera la conectividad funcional de todo el cerebro como resultado de daño axonal difuso; de manera más específica reportan una hiperconectividad en la red fronto-parietal y un decremento de la red motor-estriatal, que asocian con una mayor lentitud psicomotriz y menor velocidad de procesamiento.

Por otro lado, Bonnelle y otros investigadores (2011) han encontrado resultados concordantes con dicha hiperconectividad, añadiendo que también se presenta a nivel del precuneo y de la corteza cingular posterior. De manera que argumentan que la reorganización cerebral descrita provoca que las personas se encuentren "hipervigilantes" ante los estímulos externos, pero disminuye a su vez la capacidad de concentrarse en estímulos internos y en tareas que requieran el mantenimiento de una meta.

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).

Si bien, no es posible afirmar que en los deportistas exista una neuropatología traumática crónica como tal, ya que esta solamente es diagnosticada de manera postmortem e incluye otros síntomas más marcados de déficit de memoria, parkinsonismo y trastornos del estado del ánimo (Omalu *et al.*, 2005, Mez *et al.*, 2017), los hallazgos de la presente investigación muestran una tendencia de cambios en el funcionamiento neuropsicológico de los deportistas, que parece relacionarse con la existencia previa de una o más conmociones cerebrales.

En conclusión, los deportistas de contacto (que no han presentado una conmoción cerebral) presentan un perfil neuropsicológico adecuado en la mayoría de las subpruebas de funciones ejecutivas. Los deportistas de contacto que reportaron conmociones cerebrales previas presentaron un perfil neuropsicológico irregular con puntuaciones más altas, pero también más bajas de acuerdo con la norma y con respecto a los otros deportistas de la muestra y presentaron un rendimiento más bajo en el área orbito frontal que incluye pruebas control inhibitorio, que se sustentan del funcionamiento de regiones mediales como el hipocampo y el cíngulo anterior.

Referencias bibliográficas

ABBOTT, R. & LAVRETSKY, H. 2013. Tai Chi and Qigong for the treatment and prevention of mental disorders. *Psychiatric Clinics of North America* 36(1): 109-19. Doi: 10.1016/j.psc.2013.01.011.

- BARTH, J. T.; MACCIOCCI, S. N.; GIORDANI, B.; RIMEL, R.; JANE, J. A. & BOLL, T. J. 1983. Neuropsychological sequelae of minor head injury. *Neurosurgery* 13(5): 529-533.
- BONNELLE, V.; LEECH, R.; KINNUNEN, K. M.; HAM, T. E.; BECKMANN, C. F.; DE BOISSEZON, X., ... & SHARP, D. J. 2011. Default mode network connectivity predicts sustained attention deficits after traumatic brain injury. *Journal of Neuroscience* 31(38): 13442-13451. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.1163-11.2011.
- CANTU, R. C. 2016. Dysautoregulation/second-impact syndrome with recurrent athletic head injury. *World neurosurgery* 95: 601-602. Doi: 10.1016/j.wneu.2016.04.056.
- CARROLL, L. J.; CASSIDY, J. D.; HOLM, L.; KRAUS, J. & CORONADO, V. G. 2004. WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain, Injury. Methodological issues and research recommendations for mild traumatic brain injury: the WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury. *Journal of Rehabilitation Medicine* 43(43 Suppl): 113-125.
- CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; SHAURYA, R.; VAN PATTEN, 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. Doi: 10.1159/000316648
- DANESHVAR, D. H.; RILEY, D. O.; NOWINSKI, C. J.; MCKEE, A. C.; STERN, R. A. & 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. Doi: 10.1016/j.pmr.2011.08.009.
- DEAN, P. J. & 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.
- DEL VALLE, G.; PUERTA, M. V.; RENAU, O.; NOGUERA, P.; GARCÍA, M. C.; FERRI-SALVADOR, N. & NOÉ, 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.

- EHEMENDÍA, R. J. 2006. *Sports neuropsychology: Assessment and management of traumatic brain injury*. Guilford Press, Nueva York.
- FLORES, J.; OSTROSKY, F. & LOZANO, A. 2012. *Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales*. Manual Moderno, México.
- GRONWALL, D. & WRIGHTSON, P. 1975. Cumulative effect of concussion. *The Lancet* 306(7943): 995-997. Doi: [org/10.1016/S0140-6736\(75\)90288-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(75)90288-3)
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ-COLLADO, C. & BAPTISTA-LUCIO, P. 2006. *Metodología de la Investigación*. 4ta ed. Mc Graw Hill, México.
- HOWELL, D.; OSTERNIG, L.; VAN DONKELAAR, P.; MAYR, U. & CHOU, L. S. 2013. Effects of concussion on attention and executive function in adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 45(6): 1030-1037. Doi: [10.1249/MSS.0b013e3182814595](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182814595).
- KRAUS, N.; LINDLEY, T.; COLEGROVE, D.; KRIZMAN, J.; OTTO-MEYER, S.; THOMPSON, E. C. & WHITE-SCHWOCH, T. 2017. The neural legacy of a single concussion. *Neuroscience letters* 646: 21-23. Doi: [10.1016/j.neulet.2017.03.008](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.03.008)
- LAKES, K. D. & HOYT, W. T. 2004. Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Applied Developmental Psychology* 25: 283-302. Doi: [10.1016/j.appdev.2004.04.002](https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.04.002).
- LAKES, K. D.; BRYARS, T.; SIRISINAHAL, S.; SALIM, N.; ARASTOO, S.; EMMERSON, N.; KANG, D.; SHIM, L.; WONG, D. & JIN-KANG, C. 2013. The Healthy for Life Taekwondo pilot study: A preliminary evaluation of effects on executive function and BMI, feasibility, and acceptability. *Mental Health and Physical Activity* 6: 181-188. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.002>
- LIU-AMBROSE, T.; NAGAMATSU, L. S.; GRAF, P.; BEATTIE, B. L.; ASHE, M. C. & HANDY, T. C. 2010. Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of internal medicine* 170(2): 170-178. Doi: [10.1001/archinternmed.2009.494](https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494)
- MATSER, E. J.; KESSELS, A. G.; LEZAK, M. D.; JORDAN, B. D. & TROOST, J. 1999. Neuropsychological impairment in amateur soccer players. *JAMA* 282(10): 971-973.

- MEZ, J.; DANESHVAR, D. H.; KIERNAN, P. T.; ABDOLMOHAMMADI, B.; ALVAREZ, V. E.; HUBER, B. R. ... & CORMIER, K. A. 2017. Clinicopathological evaluation of chronic traumatic encephalopathy in players of American football. *JAMA* 318(4): 360-370. Doi: 10.1001/jama.2017.8334.
- 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 & Experimental Neurology*, 68(7): 709-735. Doi: 10.1097/NEN.0b013e3181a9d503.
- MCCRORY, P.; JOHNSTON, K.; MEEUWISSE, W.; AUBRY, M.; CANTU, R.; DVORAK, J. ... & SCHAMASCH, P. 2005. Summary and agreement statement of the 2nd International Conference on Concussion in Sport, Prague 2004. *British Journal of Sports Medicine* 39: 196-204.
- MCCRORY, P.; MEEUWISSE, W. H.; AUBRY, M.; CANTU, B.; DVOŘÁK, J.; ECHEMENDIA, R. J. ... & 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. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092313>.
- MUÑOZ, M. & BALLESTEROS, S. 2013. Visuospatial attention and motor skills in kung fu athletes. *Perception* 42: 1-8. Doi: 10.1068/p7567.
- NIEMANN, C.; GODDE, B.; STAUDINGER, U. M. & VOELCKER-REHAGE, C. 2014. Exercise-induced changes in basal ganglia volume and cognition in older adults. *Neuroscience* 281: 147-163. Doi: 10.1016/j.neuroscience.2014.09.033.
- OMALU, B. I.; DEKOSKY, S. T.; MINSTER, R. L.; KAMBOH, M. I.; HAMILTON, R. L. & WECHT, C. H. 2005. Chronic traumatic encephalopathy in a National Football League player. *Neurosurgery* 57(1): 128-134.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2017. *La actividad física en los jóvenes*. Disponible en: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/es/
- OROZCO, G. 2018. Funciones ejecutivas en artes marciales. *Revista electrónica de Iztacala* 21(1): 266-283.

- OROZCO, G.; ANAYA, M.; SANTIAGO, J. & GARCÍA, M. R. 2016. Cognición, actividades de la vida diaria y variables psicológicas mujeres adultas mayores practicantes de Tai Chi Chuan (Yang). *Retos* 30: 222-225.
- ORTÍZ, M. I. & MURGUÍA, G. 2017. Puntuaciones basales de la evaluación de conmoción cerebral en deportistas. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte* 6(8): 5-17.
- QUINTANA, L. M. 2016. Second impact syndrome in sports. *World neurosurgery* 91: 647-649. Doi: 10.1016/j.wneu.2016.04.035
- RADAK, Z.; TOLDY, A.; SZABO, Z.; SIAMILIS, S.; NYAKAS, C.; SILYE, G. ... & 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.
- SHUMSKAYA, E.; ANDRIESEN, T. M.; NORRIS, D. G. & VOS, P. E. 2012. Abnormal whole-brain functional networks in homogeneous acute mild traumatic brain injury. *Neurology* 79(2): 175-182. Doi: 10.1212/WNL.0b013e31825f04fb.
- SCHULZ, M. R.; MARSHALL, S. W.; MUELLER, F. O.; YANG, J.; WEAVER, N. L.; KALSBECK, W. D. & 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.
- TEJERO, C. M. & BALSALOBRE, C. 2011. Práctica de artes marciales y niveles de actitud hacia la violencia en adolescentes. *Revista de Ciencias del Deporte* 7: 13-21.
- TEJERO, C. M.; BALSALOBRE, C. & IBÁÑEZ, A. 2011. La defensa personal como intervención educativa en la modificación de actitudes violentas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* 11(43): 513-530.
- TERRY, C. 2006. The Martial Arts. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 17: 645-676. Doi:10.1016/j.pmr.2006.05.001
- TOMMASONE, B. A. & VALOVICH-MCLEOD, T. C. 2006. Contact sport concussion incidence. *Journal of athletic training* 41(4): 470.

- TREJO, J. L.; CARRO, E. & TORRES, 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.
- TYSVAER, A. T. & 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.
- VAN-KAMPEN, D. A.; LOVELL, M. R.; PARDINI, J. E.; COLLINS, M. W. & FU, F. H. 2006. The "value added" of neurocognitive testing after sports-related concussion. *The American Journal of Sports Medicine* 34(10): 1630-1635.
- WALL, S. E.; WILLIAMS, W. H.; CARTWRIGHT-HATTON, S.; KELLY, T. P.; MURRAY, J.; MURRAY, M.; OWEN, A. & TURNER, M. 2006. Neuropsychological dysfunction following repeat concussions in jockeys. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 77(4): 518-520.
- WEBBE, F. 2011. *The Handbook of Sport Neuropsychology*. New York, Springer Publishing Company.
- WILLIAMS, W.; POTTER, S. Y RYLAND, H. 2010. Mild Traumatic Brain Injury and Post Concussion Symptoms: a Neuropsychological Perspective. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 81(10): 1-27. Doi: 10.1136/jnnp.2008.171298
- WOODWARD, T. 2009. A review if the Effects of Martial Arts Practice on Health. *Wisconsin Medical Journal* 108: 40-43.
- WRIGHTSON, P. 2000. The development of a concept of mild head injury. *Journal of clinical neuroscience* 7(5): 384-388. Doi.org/10.1054/jocn.1999.0678
- YOKOTA, H. & IDA, Y. 2016. Acute subdural hematoma in a judo player with repeated head injuries. *World neurosurgery* 91: 671-673. Doi: 10.1016/j.wneu.2016.03.101.
- ZAZRYN, T. R.; MCCRORY, P. R. & CAMERON, P. A. 2008. Neurologic injuries in boxing and other combat sports. *Neurologic clinics* 26(1): 257-270. Doi.10.1016/j.pmr.2008.10.004.