



Revista Electrónica de Psicología Iztacala



Universidad Nacional Autónoma de México

Vol. 21 No. 1

Marzo de 2018

FUNCIONES EJECUTIVAS EN LA PRÁCTICA DE ARTES MARCIALES

Gabriela Orozco Calderón¹

Laboratorio de Psicobiología y Cognición Humana
Coordinación de Psicobiología y Neurociencias
Facultad de Psicología
Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

Las Funciones Ejecutivas (FE) son un grupo de habilidades superiores de organización e integración de información que representan conductas muy complejas, relacionadas con la habilidad de responder de manera adaptativa a situaciones nuevas, y permiten a una persona desenvolverse exitosamente a través de una conducta independiente, propositiva y autosuficiente. Están neuroanatómicamente asociadas con diferentes interacciones neurales en la Corteza Prefrontal. La práctica de artes marciales presenta un beneficio a nivel cerebral que incluye el estudio de algunas FE en diversas poblaciones. El objetivo fue evaluar de manera integral las diferentes funciones ejecutivas vinculadas al área prefrontal cerebral, mediante una batería neuropsicológica de lóbulos frontales y funciones ejecutivas. Participaron treinta arte-marcialistas expertos y treinta personas sedentarias. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las funciones prefrontales dorsolaterales de memoria de trabajo, funciones ejecutivas y orbitomediales en donde los practicantes de artes marciales superan a la población sedentaria. La práctica de artes marciales representa un beneficio a nivel cerebral en el área prefrontal reflejándose una mejor ejecución en las diferentes funciones ejecutivas.

Palabras clave: neuropsicología del deporte, funciones ejecutivas, artes marciales, memoria de trabajo, toma de decisiones, lóbulo prefrontal

¹ Dra. En Psicología, Campo Neurociencias de la Conducta Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo: gorozcoca@hotmail.com

EXECUTIVE FUNCTIONS ON MARTIAL ARTS PRACTICE

ABSTRACT

Executive Functions (EF) are a group of superior organizational skills and information integration, represent very complex behaviors related to the ability to respond adaptively to new situations, and allow a person to function successfully through independent behavior, purposeful and self-sufficient. They are neuroanatomically associated with different neural interactions in the prefrontal cortex. The practice of martial arts has a benefit in the brain that includes the study of some FE in diverse populations. The aim of the study is to assess comprehensively the different executive functions related to brain prefrontal area through a neuropsychological battery frontal lobes and executive functions. Participants martial artists and sedentary people. Significant differences between groups in the dorsolateral prefrontal functions of working memory, executive functions and orbitomediales where martial arts practitioners outnumber the sedentary population found. The practice of martial arts is a benefit in the brain in the prefrontal area reflecting better performance in various executive functions.

Keywords: sport neuropsychology, executive functions, martial arts, working memory, decisión making, prefrontal lobe

La neuropsicología es una disciplina que estudia la relación entre las funciones cerebrales y la conducta humana. El objetivo de su estudio se centra en el conocimiento de las bases neurales de los procesos mentales complejos tales como el pensamiento, la memoria, el lenguaje, motricidad compleja, percepción y funciones ejecutivas (Ardila y Ostrosky, 2000; Goldberg y Bougakov, 2005; Portellano, 2005; Rain, 2002). Las Funciones Ejecutivas son un grupo de habilidades superiores de organización e integración de información, que están neuroanatómicamente asociadas con diferentes interacciones neurales en la Corteza Prefrontal (Flores y Ostrosky, 2008; Flores, Ostrosky y Lozano, 2012). Son conductas muy complejas, intrínsecamente relacionadas con la habilidad de responder de manera adaptativa a situaciones nuevas, memoria de trabajo, y control inhibitorio (Fuster, 2002). Para Lezak (2004), son aquellas capacidades que permiten a una persona desenvolverse exitosamente a través de una conducta independiente, propositiva y autosuficiente. El sustrato neuroanatómico de las funciones ejecutivas es la corteza prefrontal (CPF). La CPF se localiza en el polo anterior del Lóbulo Frontal y constituye la máxima expresión del desarrollo

cerebral en la especie humana porque es responsable del control último de la cognición, la conducta y la actividad emocional. La CPF, se divide anatómica y funcionalmente en 3 regiones (dorsolateral, orbitofrontal y frontomedial), cada una de las cuales presenta una organización funcional particular (Fuster, 2002). La Corteza prefrontal Dorsolateral (CPF_{DL}), es la estructura cerebral más compleja y más desarrollada funcionalmente, siendo su desarrollo y organización funcional una característica propia de la especie humana (Stuss y Levine, 2002). Es la más relacionada con procesos cognitivos complejos, como son las Funciones ejecutivas y la Memoria de Trabajo. La Corteza Orbitofrontal (COF), participa en la regulación de las emociones y de las conductas afectivas y sociales, así como en la toma de decisiones basadas en estados afectivos (Damasio, 1998). Se encuentra involucrada en el procesamiento de información relacionada con la recompensa, permitiendo la detección de cambios en las condiciones de reforzamiento, que a su vez permite el ajuste de la conducta. Finalmente, la Corteza Fronto-Medial (CFM), soporta procesos como la inhibición, la detección y solución de conflictos, así como la regulación y el esfuerzo atencional (Fuster, 2002).

Neuropsicología y artes marciales

Gran parte de la literatura referente a la neuropsicología del deporte se enfoca a los efectos que tienen el daño cerebral leve o conmoción cerebral en las funciones psicológicas, físicas y cognoscitivas de los deportistas (Echemedia et al., 2013; Noh, Park, Kim, Lee, Yang, et al., 2015; Salinas y Webbe, 2012; Woodward, 2009; Zetaruk, Violán, Zurakowski y Micheli, 2005). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el realizar artes marciales puede representar un beneficio en el funcionamiento cerebral (Orozco, 2015; Webbe, 2011). Muchas de estas prácticas requieren un elevado compromiso cognitivo para desarrollar las diferentes destrezas que su práctica requiere, por ejemplo el aprender la secuencia de movimientos denominada formas que representa mejoras en tiempos de reacción y memoria en adultos mayores (Carazo, Ballesteros y Araya, 2002), adicionalmente la práctica marcial implica contacto o lucha como por ejemplo el

combate, que recluta varias funciones ejecutivas prefrontales como son la planeación, la inhibición conductual, así como la memoria de trabajo. Son diversos los beneficios que se pueden obtener al practicar artes marciales, los cuales incluyen mejoras en la tonificación muscular, postura, flexibilidad, fuerza, equilibrio y sistemas cardiovascular y respiratorio (Bu, et al. 2010). Los beneficios psicológicos incluyen un aumento en las habilidades motrices, la salud física, psicológica y social, además promueve la autodefensa, la autoconfianza, la autodisciplina, el ejercicio, la autoconfidencia, la motivación y la pertenencia además de que se enfatiza la filosofía de resolución de conflictos sin el uso de la violencia, es decir, el manejo emocional, y la disminución o prevención de la depresión y ansiedad (Reid-Arndt, Matsuda y Cox, 2012; Sharpe, Blanck, Williams, Ainsworth y Conway, 2007; Woodward, 2009; Vertonghen y Theeboom, 2010). En el ámbito neuroanatómico y funcional existen hallazgos que apoyan las diferencias en volumen cerebral en practicantes de artes marciales comparados con personas sedentarias, notándose cambios neuroplásticos en regiones cerebrales que responden al entrenamiento motor; y posiblemente sea debido a las demandas que implican estas tareas al usar movimientos complejos, planeación, control y ejecución de un acto que tiene una meta establecida (vinculados a lóbulo frontal y áreas subcorticales). El incremento observado se vincula a que el realizar ejercicio físico promueve cambios del flujo cerebral, neurogénesis, sinaptogénesis, angiogénesis, expresión de proteínas, de genes y a la liberación de factores tróficos (Lista y Sorrentino, 2010; Van Praag, 2008).

Las actividades deportivas, como las artes marciales permiten que el sistema nervioso se vaya moldeando, en este sentido, Jacini, Cannonieri, Fernández, Bonilha, Cendes, y Li (2009) describen en practicantes de judo un aumento significativo del volumen de sustancia gris en el lóbulo frontal relacionado con planeación y ejecución motora, en corteza prefrontal dorsolateral (implicada en la memoria de trabajo y el procesamiento cognitivo), giro temporal medial e inferior del lóbulo temporal áreas paralímbicas relacionadas con los procesos de memoria y de aprendizaje motor; además se observan cambios en los lóbulos occipital y parietal comprometidos con los procesos visuales asociativos y en la corteza del

cerebelo vinculada con el aprendizaje motor. También se ha descrito una disminución en la microestructura de la sustancia blanca en la corteza motora suplementaria y motora primaria acompañada de una reducción en la lateralización en expertos karatecas (Roberts, 2013). Por otro lado, en practicantes de judo, karate, kickboxing y Tang-soodoka se encuentra un aumento del el volumen de sustancia gris en área motora suplementaria, corteza premotora dorsal y en volumen de lóbulo temporal medial, estas áreas relacionadas con habilidades motoras, y con metabolismo aeróbico (Schlaffke, Lissek, Brüne, Juckel, Hinrichs, Platen, Tegenthoff y Schidt-Wilcke, 2014). El hecho de realizar actividades deportivas requiere de una flexibilidad constante en la conducta adaptativa ya que el medio ambiente del arte marcialista es variable y cambiante. Estas adaptaciones reclutan áreas cerebrales responsables de actividades neurales complejas como la percepción, la discriminación de estímulos, la toma de decisiones, la integración multimodal, el proceso de atención, la preparación y ejecución de movimiento (Nakata, Yoshie, Miura y Kudo, 2009), y en muchos casos se ha descrito que de estas diferentes áreas cerebrales se tiene diferente actividad dependiendo de si el arte marcialista es experto o no. Del Percio (2007) utilizando la técnica de estudio cerebral potenciales evocados, encuentra en karatecas expertos una disminución en la amplitud de N2 (atención sostenida) P3 y P4 (observar y elaborar movimiento de otros) ante estímulos visuales que implican escenas de karate y deportes. Y proponen que las diferencias visoespaciales en potenciales cerebrales en karatecas expertos, reflejan un proceso que permite minimizar momentáneamente la pérdida de control endógeno sobre el control conductual. De esta manera, al estudiar el sistema nervioso de artistas marciales, se nota que las actividades motoras y el procesamiento cognitivo de alto orden, son modulados por el entrenamiento perceptual y motor a largo plazo, siendo un reflejo de la plasticidad cerebral debido a que se requieren diferentes habilidades cognitivas y motoras en la práctica marcial (Nakata et al., 2010). Cuando han sido comparados practicantes de artes marciales mixtas con otros atletas no se encuentran diferencias de ejecución en tiempos de reacción, velocidad de procesamiento visual (Heat y Callahan, 2014). Sin embargo cuando

son comparados con novatos, se observa que en los expertos se encuentra una mayor consistencia en el número de aciertos y tiempos de reacción en pruebas de atención presentando mejor desempeño y se propone que las mejores capacidades de atención se relacionan con las características de entrenamiento en las artes marciales (Sánchez-López, Fernández, Silva-Pereyra, Martínez-Mesa y Moreno- Aguirre, 2014). Adicionalmente, Del Percio, Babiloni, Infarnato, Marzano, Lacoboni, et al.,(2009) describen que a los karatekas son capaces presentar mejores puntajes de atención y respuestas motoras al compararlos con no atletas cuando están inmersos en un protocolo en el cual se les ha inducido un estado físico y mental de fatiga.

En resumen, los beneficios neuropsicológicos de la práctica de artes marciales incluye mejoras en atención, memoria, habilidades motoras, visoespaciales y resolución de problemas además de prevención del declive cognitivo (Del Percio, et al. 2009; Carazo, Ballesteros y Araya, 2002; Muiños y Ballesteros, 2013). Es por sus efectos positivos sobre las variables cognitivas, que existen propuestas para que las artes marciales formen parte de los programas de estudio en escuelas públicas en norteamérica y como metodos de intervención psicológica (ejemplo: farmacodependencia y agresión) y neuropsicológica para mejorar funciones cerebrales (Alesi, Bianco, Padulo, Vella, Petrucci, Paoli, Palma y Pepi, 2014; Diamond, 2012; Diamond y Lee,2011; Greenwood, Foley, Le, Strong, Loughridge, Day y Fleshner, 2011; Lakes, Bryars, Sirisinahal, Salim, Arastoo, Emmerson, Kang, Him, Wong y Kang, 2013; Pons-Van Dijk, Huijts y Lodder 2013; Reid-Arnt,et al., 2012). Sin embargo los estudios acerca de las funciones ejecutivas prefrontales en arte marcialistas son escasos y no las evalúan en su totalidad, es por esto que el objetivo del estudio es evaluar por medio de una batería neuropsicológica las diferentes funciones ejecutivas asociadas a la corteza prefrontal en arte marcialistas mexicanos y compararlos con personas sedentarias.

METODO

PARTICIPANTES

Fueron reclutados un total de 60 participantes por medio de propaganda a través de redes sociales, carteles y volantes, repartidos en varios escenarios deportivos. A cada participante se le brindó al inicio de la sesión una explicación sobre la investigación y firmaban un consentimiento voluntario de participación. Los criterios de inclusión fueron tener visión y audición normal o corregida, no presentar alteraciones psiquiátricas, no tener consumo actual, abuso o dependencia de drogas de abuso incluyendo tabaco o cafeína. Para el primer grupo (artes marciales) se requirió que tuvieran al menos 10 años de práctica constante y para el grupo control que fueran sedentarios (no realizaban ningún deporte y/o alguna otra actividad física), estos datos fueron recabados por medio de una entrevista. Se realizó un muestro intencional de participantes voluntarios seleccionados de acuerdo a los criterios de inclusión. Es un estudio transversal, descriptivo y comparativo grupal, sin intervención. Fueron divididos en dos grupos de 30 participantes cada uno: artes marciales (AM) con una media de edad de 18 años ($\pm=7.4$) y con al menos 10 años de práctica incluyó practicantes de Taekwondo, Judo, Lima lama, Haidong gumdo, Kung fu, Kickboxing, Karate do y artes marciales mixtas. El segundo incluyó personas sedentarias, se denominó grupo control (C) y tuvo una media de edad de 21 años ($\pm=3.1$). Los participantes de ambos grupos fueron pareados en edad y escolaridad. Ambos grupos contaron con escolaridad de 10 años o más (escolaridad alta). Las evaluaciones fueron realizadas de manera individual con un tiempo aproximado de una hora cada una.

INSTRUMENTO

Se utilizó para las evaluaciones la Batería de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE, Flores, Ostrosky y Lozano, 2012). Las pruebas que integran la BANFE son seleccionadas y divididas bajo el criterio anátomo-funcional. Evalúan la funcionalidad frontal orbital, dorsolateral y anterior, de ambos hemisferios cerebrales (Tabla 1). 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, normal, alteraciones leves a moderadas, y alteraciones severas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron analizados con la paquetería SPSS versión 21. Se realizó una prueba *t* Student para grupos independientes con un nivel de significancia de 0.05 para identificar diferencias entre los grupos deportistas de contacto versus control. Además de la Prueba de Levene para igualdad de varianzas (Rivera y García, 2012).

Tabla 1. Pruebas que incluye la batería de Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas (BANFE) y funciones que evalúa. (Flores, Lozano y Ostrosky, 2012)

Prueba	Función
Laberintos	Planeación y respeto de límites
Señalamiento autodirigido	Memoria de trabajo visoespacial
Ordenamiento alfabético	Memoria de trabajo verbal
Resta y suma consecutiva	Desempeño cognitivo
Clasificación de cartas	Flexibilidad mental
Generación de clasificaciones semánticas	Productividad
Stroop	Inhibición
Fluidez verbal	Búsqueda y actualización de elementos
Juego de cartas	Toma de decisiones y riesgo
Selección de refranes	Abstracción
Torre de Hanoi	Planeación y secuenciación
Metamemoria	Metacognición
Memoria visoespacial	Memoria de trabajo visoespacial secuencial

RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los puntajes totales de la BANFE, en el área prefrontal dorsolateral y el total de funciones ejecutivas en donde el grupo de artistas marciales supera en puntaje al grupo control (Tabla 2).

En las tabla 3 y 4 se presentan las diferencias significativas entre los grupos además de las medias, desviación estándar, los puntajes *t* y el nivel de significancia para las diferentes pruebas de la BANFE, en donde se encontraron

diferencias entre los grupos. Como puede notarse las diferencias fueron en las pruebas del área dorsolateral en memoria de trabajo y funciones ejecutivas, además del área orbitomedial. Respecto a las tareas de memoria de trabajo del área dorsolateral, se encontró que en grupo AM tarda menos tiempo en resolver

Tabla 2. Puntajes totales de la BANFE. Diferencias significativas entre grupos, media y desviación estándar por área.

	Arte Marcial N=30		Control N=30		T	p
	M	DE	M	DE		
Orbitomedial	100.9	16.7	94	16.3	1.613	0.112
Dorsolateral	98.8	12.4	86.1	13.4	3.807	0.0000*
Anterior	97.2	20	98.3	12.4	0.447	0.789
Total	99.2	11.6	87.4	11.3	3.554	0.001*
Funciones						

M= media DE=desviación estándar t=valor de t p= significancia

las tareas de señalamiento autodirigido ($t = 3.708, p=0.000$), resta 1 ($t = 2.265, p = 0.027$), resta 2 ($t = 2.4, p=0.018$), suma ($2.239, p=0.029$) y clasificación de cartas ($t = 2.456, p=0.017$). El grupo AM ordena alfabéticamente las palabras en menos ensayos que el grupo control ($t = 2.619, p=0.011$) y tiene un mayor número de aciertos al resolver la resta 1 ($t = 2.175, p=0.034$). El grupo AM también presenta puntajes más altos en las tarea clasificación semántica en el puntaje total ($t = 2.563, p=0.013$) y en el total de categorías descritas ($t = 3.070, p=0.003$). Respecto a la prueba fluidez verbal también superan a los controles ($t = 2.279$,
Tabla 3. Subpruebas de área dorsolateral memoria de trabajo de la BANFE en donde se encontraron diferencias entre grupos.

Subprueba	ARTE MARCIAL		CONTROLES		t	p
	M	DE	M	DE		
<i>Dorsolateral memoria de trabajo</i>						
SAD	4.3	1.0	3.3	1.1	3.708	0.000
OA	2.1	1.5	3.1	1.4	2.619	0.011
R1t	24.5	8.7	34.1	13.9	2.265	0.027

R1a	12.7	0.4	12	1.9	2.175	0.034
R2t	68.6	45	98.1	60	2.428	0.018
St	35.6	13.2	43.2	17.4	2.239	0.029
CCEM.	0.44	0.8	0.41	0.7	2.246	0.043
CCT	295.6	93.6	361.2	94.5	2.456	0.017
CSc	10.5	2.0	8.8	2.3	3.070	0.003
CSp	25.4	5.1	22	5	2.563	0.013
FVT	22.5	5	19	7	2.279	0.026
FVp	.31	.6	.7	.8	2.118	0.038
MVe	0.41	0.8	1.4	1.7	2.908	0.005
MVp	4	1.5	4.6	.96	2.047	0.047

M= media DE=desviación estándar t=valor de t p= significancia; SAD=señalamiento autodirigido OA=ordenamiento alfabético R1t=resta 1 tiempo R1a= resta 1 aciertos R2T=resta 2 tiempo St= suma tiempo CCEM=clasificación de cartas errores de mantenimiento CCT=clasificación de cartas tiempo CSc=clasificación semántica categorías CSp=clasificación semántica puntaje total FVT=fluidez verbal total verbos FVp=fluidez verbal perseveraciones MVe=memoria visoespacial errores de orden MVp=memoria visoespacial perseveraciones

$p=0.026$). Sin embargo, el grupo AM presentó más perseveraciones en fluidez verbal ($t =2.118$, $p=0.038$), memoria visoespacial ($t =2.047$, $p=0.047$) y más errores de orden ($t =2.908$, $p=0.005$). Con las tareas de funciones ejecutivas del área dorsolateral se observó menor número de movimientos en la torre de Hanoi por parte del grupo AM ($t =2,046$, $p=0.045$). Finalmente, en la prueba de juego del área orbitomedial el grupo AM tuvo mayor puntaje total ($t =4.430$, $p=0.000$) y menos número de castigos ($t =3.959$, $p=0.000$).

Tabla 4. Subpruebas de área dorsolateral funciones ejecutivas y área orbitomedial de la BANFE en donde se encontraron diferencias entre grupos.

Subprueba	ARTE MARCIAL		CONTROLES		t	p
	M	DE	M	DE		
<i>Dorsolateral funciones ejecutivas</i>						
THt	26.6	16	37	22	2.046	0.045
<i>Orbitomedial</i>						
PJtc	64.6	40	101.3	30	3.959	0.000
PJp	70.7	40.3	38.3	15.1	4.430	0.000

M= media DE=desviación estándar t=valor de t p= significancia

THt=torre Hanoi tiempo PJtc=prueba de juego total castigos PJp=prueba de juego puntaje total

DISCUSION

Las artes marciales son actividades que incluyen componentes físicos y psicológicos. Se ha propuesto una asociación entre su práctica y efectos positivos en variables psiquiátricas, físicas y cerebrales (Bu et al., 2010; Jacini et al., 2009; Reid-Arndt et al., 2012; Sharpe et al., 2007; Woodard, 2009; Vertonghen et al., 2010; Van Praag, 2008). Las funciones ejecutivas se refieren a procesos mentales de alto orden, que incluyen la inhibición conductual, atención selectiva, inhibición cognitiva, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva además del razonamiento, solución de problemas y planeación. Son necesarias para que se pueda tener una buena salud física y mental (Diamond, 2013). Se ha descrito que la práctica de artes marciales genera cambios en el volumen de sustancia gris en las diferentes áreas de la corteza cerebral frontal, particularmente el lóbulo frontal (Jacini et al., 2009), que incluye al lóbulo prefrontal responsable de las funciones ejecutivas (Diamond 2012). En este estudio el objetivo fue evaluar las diferentes funciones ejecutivas prefrontales en arte marcialistas mexicanos con más de 10 años práctica constante, en diferentes artes marciales y compararlos con la población sedentaria. Se encontró en primera instancia que, ambos grupos evaluados

obtuvieron puntajes totales que caen dentro el rango de normalidad. Sin embargo, es notable que los practicantes de artes marciales superaron al grupo control en la puntuación total del área dorsolateral y total de funciones ejecutivas al grupo sedentario. Al analizar estadísticamente los puntajes de las subpruebas que incluye la batería, se encontró que los practicantes de artes marciales superan al grupo control en las funciones cerebrales del área dorsolateral en las funciones de memoria de trabajo y las funciones ejecutivas y del área orbitomedial asociada a la toma de decisiones. Esto es, los artistas marciales presentaron una mejor capacidad para detectar y evitar selecciones de riesgo, así como para detectar y mantener selecciones de beneficio, presentan también mejores capacidades para utilizar la memoria de trabajo visoespacial para señalar de forma auto dirigida una serie de figuras y para retener y reproducir activamente el orden secuencial visoespacial de una serie de figuras. También presentaron mejor capacidad para manipular mentalmente la información verbal contenida en la memoria de trabajo. Adicionalmente, generan mejores hipótesis de clasificación y sobre todo para cambiar de forma flexible (flexibilidad mental) el criterio de clasificación. También el grupo de artes marciales es capaz de anticipar de forma secuenciada acciones tanto en orden progresivo como regresivo (planeación secuencial), desarrollan eficientemente secuencias en orden inverso (secuenciación inversa) y producen de forma fluida y dentro de un margen reducido de tiempo la mayor cantidad de verbos posibles (fluidez verbal). Finalmente producen la mayor cantidad de grupos en clasificación semántica y en la capacidad de actitud abstracta, esto es, el número de categorías abstractas espontáneamente producidas.

Apoyando los hallazgos encontrados, Alesi et al. (2014) indican que el karate mejora los tiempos de reacción, habilidades cognitivas y motoras, así como las funciones atención visual selectiva, memoria de trabajo verbal. Mientras que Diamond (2012) indica que las artes marciales incrementan memoria de trabajo, control cognitivo inhibitorio además de mejorar la disciplina y el control de emociones en niños. Las artes marciales y los efectos de su práctica muestran la promoción de funciones cognoscitivas incluidas las FE en adultos mayores (Douris, Douris, Balder, LaCasse y Rand, 2015). Adicionalmente, estudios que

combinan la evaluación neuropsicológica con técnicas de neuroimagen, describen que el hacer ejercicio moderado o agudo aumenta los puntajes ejecución en tareas que implican FE por medio de vía sistemas cerebrales de activación que proyectan a regiones prefrontales en niños obesos sedentarios (Davis, Tomporowski, McDowell, Austin, Miller, Yanasak, Allison y Naglieri, 2011) en jóvenes (Byun, Hyodo, Suabe, Ochi, Sakairi, Kato Dan y Soya, 2014; Yanagisawa, Dan ,Tsuzuki, Kato, Okamoto, Kyutoku y Soya, 2010) y en adultos mayores (Hyodo, Dan, Suabe, Kyutoku, Yamada, Akahori, Byun, Kato y Soya, 2012) provocando una mayor activación en áreas prefrontales posterior al ejercicio.

En conclusión los hallazgos de este estudio se apoyan y generan evidencia adicional que indica practicar artes marciales promueve beneficios en las funciones ejecutivas del área prefrontal cerebral y su aportación fue la evaluación de funciones ejecutivas que incluyen tareas de las áreas prefrontal dorsolateral, orbital y medial en arte marcialistas expertos mexicanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F., Petrucci, M., Paoli, A., Palma, A. y Pepi, A. (2014). *Muscles, Ligaments and Tendon Journal*, 4(2), 114-120. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4187589/pdf/114-120.pdf>
- Ardila, A. y Ostrosky, F. (2000) Diagnóstico del daño cerebral: un enfoque neuropsicológico. México: Editorial Trillas.
- Bu, B., Haijun, H., Young, L., Chaohui, Z., Jaoyuan, Y. y Singh, M.F. (2010) Effects of martial arts on health status: A systematic review. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 3, 205-219. Recuperado de:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1756-5391.2010.01107.x/epdf>
- Byun, K., Hyodo, K., Suabe, K., Ochi, G., Sakairi, Y., Kato, M., Dan, I. y Soya, H. (2014). Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. *Neuroimage*, 98, 336-345 doi:10.1016/j.neuroimage.2014.04.067. Recuperado de:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811914003474>
- Carazo, P., Ballesteros, C. y Araya, G. (2002). Funcionamiento cognitivo físico en adultas mayores que participan en un programa de taekwondo. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 2(1), 1-13. Recuperado de:
http://www.academia.edu/5802880/FUNCIONAMIENTO_COGNITIVO_Y_F%C3%8DSICO_EN_ADULTAS_MAYORES_QUE_PARTICIPAN_EN_UN_PROGRAMA_DE_TAEKWONDO
- Damasio, A. (1998). The somatic marker hypothesis and the posible functions of the prefrontal cortex. *Executive and Cognitive Functions*. EUA: Oxford University Press.
- Davis, C.L., Tomporowski, P.D., McDowell, J.E. Austin, B.P. Miller, P.H. Yanasak, N.E. Allison, J.D. y Naglieri J.A. (2011). Exercise improves executive functions and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized controlled trial. *Health Psychology*, 30(1), 91-98, doi:10.1037/a0021766. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3057917/pdf/nihms245691.pdf>
- DelPercio, C., Babiloni, C., Infarnato, F., Marzano, N., Iacoboni, M., Lizio, R., Aschieri, P., Ce, E., Rampichini, S., Fano, G., Veicsteinas, A., y Eusebi, F. (2009). Effects of tiredness on visuo-spatial attention processes in elite karate athletes and non-athletes. *Archives Italiennes de Biologie*, 147, 1-10. Recuperado de:
<http://www.architalbiol.org/aib/article/view/1471/19678592>
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 335-341.

- doi:10.1177/0963721412453722. Recuperado de:
<http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0963721412453722>
- Diamond, A. y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3159917/pdf/nihms310326.pdf>
- Echemendia, R.J., Iverson, G.L., McCrea, M., Macciocchi, S.N., Gioia, G.A., Putukian, M. y Comper, P. (2013). Advances in neuropsychological assessment of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*, 7(5), 294-8. doi: 10.1136/bjsports-2013-092186. Recuperado de:
<http://bjsm.bmj.com/content/47/5/294>
- Flores, J., Ostrosky, F., y Lozano, A. (2012). *Batería de lóbulos frontales y funciones Ejecutivas: BANFE*. México: Manual Moderno.
- Flores, J., Ostrosky, F., y Lozano, A. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47- 58. Recuperado de:
http://neurociencias.udea.edu.co/revista/PDF/REVNEURO_vol8_num1_7.pdf
- Flores, J. C., y Ostrosky, F. (2008). Batería de funciones ejecutivas: presentación. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 141-158. Recuperado de:
<https://aalfredoardila.files.wordpress.com/2013/07/ardila-a-ed-2008-funciones-ejecutivas-neuropsicologia-neuropsiquiatria-y-neurociencias-vol-8-n1.pdf>
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 273-285. Recuperado de:
<http://people.hss.caltech.edu/~steve/fuster.pdf>
- Goldberg, E. y Bougakov, D. (2005) neuropsychologic assessment of frontal lobes dysfunction. *Psychiatric Clinics of North America*, 28, 567-580. Recuperado de:
<http://elkhonongoldberg.com/images/neuropsychologic%20assessment%20of%20frontal%20lobe%20dysfunction.pdf>
- Greenwood, B.N., Foley, T.E., Le, T.V., Strong, P.V., Loughridge, A.B., Day, H.E., y Fleshner, M. (2011). Long-term voluntary wheel running is rewarding and produces plasticity in the mesolimbic reward pathway. *Behavior and Brain Research*, 217(2), 354-62. doi: 10.1016/j.bbr.2010.11.005. Recuperado de:
<http://ac.els-cdn.com/S0166432810007291/1-s2.0-S0166432810007291-main.pdf?tid=dc02a3d4-1a28-11e7-acc6->

[0000aab0f02yacdnat=1491415025_1e67515bd46e04306a2dfe797a72887c](http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.12.022)

Heath, C. y Callahan, J.L. (2014). Assessment of cognitive functioning in mixed martial arts athletes. *Journal of athletic enhancement*, 3(4) 1-5. <http://dx.doi.org/10.4172/2324-9080.1000162>. Recuperado de: http://ac.els-cdn.com/S0197458011005677/1-s2.0-S0197458011005677-main.pdf?_tid=19bf30c0-1a29-11e7-813c-0000aacb361yacdnat=1491415128_12ec2410792564ed8f30ff239473b719

Hyodoa, K., Danb, I., Suwabea, K., Kyutokub, Y., Yamadaa, Y., Akahoria, M., Byuna, K. Kato, M. y Soyaa, H. (2012). Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. *Neurobiology of Aging*, 33, 2621–2632. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.12.022>

Jacini, W.F.S., Cannonieri, G.C., Fernandes, P.T., Bonilha, L., Cendes, F., y Li, L.M. (2009) Can exercise shape your brain? Cortical differences associated with judo practice. *Journal of science and Medicine in Sport*, 12, 688-690. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2008.11.004>

Lakes, K., Bryars, T., Sirisinahal, S., Salim, N., Arastoo, S., Emmerson, N., Kang, D., Shim, L., Wong, D. y Kang, J.K. (2013). The healthy for life taekwondo pilot study: a preliminary evaluation of effects on executive function and BMI, feasibility, and acceptability. *Mental Health Physical Activity*, 6(3), 181-188. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3927879/pdf/nihms-523050.pdf>

Lezak, M., Howieson, D. y Lorong, D. (2004). *Neuropsychological assessment*. EUA Oxford, 4 ed.

Lista, I. y Sorrentino, G. (2011). Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 30(4), 493-503. doi: 10.1007/s10571-009-9488-x.

Muiños, M. y Ballesteros, S. (2013). Visuospatial attention and motor skills in kun fu athletes. *Perception*, 42, 1043-1050. DOI: 10.1068/p7567

Nakata, H., Yoshie, M., Miura, A. y Kudo, K. (2009). Characteristics of the athletes' brain: Evidence from neurophysiology and neuroimaging. *Brain Research Reviews*, 6, 197-211. Recuperado de: [doi.org/10.1016/j.brainresrev.2009.11.006](http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresrev.2009.11.006)

Noh, J.W., Park, B.S., Kim, M.Y., Lee, L.K., Yang, S.M., Lee, W.D., Shin, Y.S., Kim, J.H., Lee, J.U., Kwak, T.Y., Lee, T.H., Kim, J.Y., Park, J. y Kim, J. (2015). Analysis of combat sports players' injuries according to playing style for sports physiotherapy research. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015 27(8), 2425-30. Recuperado de:

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4563282/pdf/jpts-27-2425.pdf>
- Orozco, G. (2015). Cerebro y Artes Marciales: Beneficios, riesgos e intervención neuropsicológica. *Ciencia y Futuro*, 15(4), 142-156. Recuperado de: https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/viewFile/1201/641
- Pons- Van Dijk, G., Huijts, M. y Lodder, J. (2013), Cognition improvement in Taekwondo novices over 40 results from the TAEKWONDO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5, 1-5. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3822408/pdf/fnagi-05-00074.pdf>
- Portellano, J.A. (2005) Introducción a la neuropsicología. España: Mc GrawHill
- Rain (2002). Principios de neuropsicología humana. México: McGrawHill.
- Reid-Arnt, S.A., Matsuda, S. y Cox, C.R. (2012). Tai Chi effects on neuropsychological, emotional, and physical functioning following cancer treatment: a pilot study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 18, 26-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctcp.2011.02.005>
- Rivera, S. y García, M. (2012). Aplicación de la estadística a la psicología. México, Porrúa.
- Roberts, R.E., Bain, P.G., Day, B.L. y Husain, M. (2013). Individual differences in expert motor coordination associated with white matter microstructure in the cerebellum. *Cerebral Cortex*, 23(10), 2282-2292. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3767954/pdf/bhs219.pdf>
- Salinas, C.M. y Webbe, F.M. (2012). Sports neuropsychology with diverse athlete populations: contemporary findings and special considerations. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 6, 363-384. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jcsp.6.4.363>
- Sánchez-López, J., Fernández, T., Silva-Pereyra, J., Martínez-Mesa, J.A. y Moreno-Aguirre, A. (2014). Evaluación de la atención en deportistas de artes marciales expertos vs novatos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 87-94. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2351/235129571010.pdf>
- Schlaffke, L., Lissek, S., Lenz, M., Brüne, M., Juckel, G., Hinrichs, T., Platen, P., Tegenthoff, M. y Schmidt-Wilcke, T. (2013). Sports and brain morphology - a voxel-based morphometry study with endurance athletes and martial artists. *Neuroscience*. 14, 259:35-42. doi: 0.1016/j.neuroscience.2013.11.046. Epub 2013 Dec 1.
- Sharpe, P.A., Blanck, H.M., Williams, J.E., Ainsworth, B.E. y Conway, J.M. (2007) Use of complementary and alternative medicine for weight control in the United States. *Journal of alternative and complementary medicine*, 13(2),

- 217-222. doi:10.1089/act.2007.13407. Stuss, D.T. y Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-433. DOI: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135220
- van Praag, H. (2008). Neurogenesis and exercise: past and future directions. *Neuromolecular Medicine*, 10(2), 128-40. doi: 10.1007/s12017-008-8028-z.
- Vertonghen, J. y Theeboom, M. (2010). The social-psychological outcomes of martial arts practice among youth: a review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 528-537. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761807/pdf/jssm-09-528.pdf>
- Webbe, F.M. (2011). *The Handbook of sport neuropsychology*. New York: Springer Publishing Company.
- Woodward, T. (2009). A review of the effects of martial arts practice on health. *Wisconsin Medical Journal*, 108(1):40-43. Recuperado de: <http://www.wisconsinmedicalsociety.org/WMS/publications/wmj/pdf/108/1/40.pdf>
- Yanagisawa, Dan, Tsuzuki, Kato, Okamoto, Kyutoku y Soya, (2010). Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *Neuroimage*, 50, 1702-1710. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811909013111>
- Zetaruk, M.N., Violán, M., Zurakowski, D. y Micheli, L.J. (2005). Injuries un martial arts: a comparasion of five styles. *British Journal of Sports Medicine*, 39,29. Recuperado de: <http://bjsm.bmj.com/content/bjsports/39/1/29.full.pdf>