



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE PSICOLOGIA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMBIOS NEUROPSICOLÓGICOS ASOCIADOS A LA
PRÁCTICA DE MALABARISMO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

ANAID JUANITA VERA ROMERO

DIRECTOR

DR. JORGE BERNAL HERNÁNDEZ

REVISORA

DRA. GABRIELA OROZCO CALDERÓN

SINODALES

LIC. KATIA RODRIGUEZ GONZÁLEZ

MTRO. PABLO MISAEL LUNA DÁVILA

LIC. MOISÉS EDUARDO RODRÍGUEZ OLVERA



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

JUNIO 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mis padres por ser mi apoyo incondicional,
Por sus muestras infinitas de amor, gracias.
Esto es por y para Ustedes.*

Agradecimientos

A Dios, por acomodar cada pieza en el camino que me ha llevado hasta aquí.

A mis padres por todo lo que me han brindado durante todos mis años, por otorgarme las herramientas necesarias para llegar hasta aquí, por todo su amor, su apoyo y sus consejos, los amo.

Al Doctor Jorge Bernal por brindarme su tutela durante tantos años, por abrirme la puerta para aprender y brindarme su apoyo incondicional.

A la Doctora Gabriela Orozco por ser pieza fundamental en la culminación de este proyecto, gracias por todo su apoyo.

A mis sinodales el Lic. Moisés Rodríguez, la Lic. Katia Rodríguez y el Mtro. Misael Luna por su apoyo y sus valiosos comentarios.

A la Doctora Olga Rojas por darme el último empujón para terminar con este proyecto, no estaría aquí sin Usted. Gracias infinitas.

Al Laboratorio de Neurometría y todas las personas maravillosas que he tenido la oportunidad de conocer ahí especialmente a Ros, Lulú, Sebas, Jorge, la Dra. Belén y el Dr. Mario. Gracias por su amistad y todo el conocimiento que han compartido conmigo.

Lilli gracias por ser no solo la mejor tía, sino la mejor hermana y amiga. Esta es la prueba de que no importa cuanto lo intentes, en la psicología estoy bien. Los quiero muchísimo a ti y a tus chaparros.

Lau, mi prima adorada, por compartir tantos años y tantas experiencias, por sufrir juntas en este proceso ¡Sí se pudo! Carlitos, siempre serás mi pequeño primo, gracias por cada momento. Los adoro.

Vic, amiguito, gracias por ser el mejor amigo, confidente, consejero, compañero y colega no solo durante toda la carrera, sino durante los años posteriores y los que vendrán, gracias por siempre creer en mí. Te quiero wo wo.

Miguel gracias por todos tus consejos profesionales y personales, por estar aquí después de todos estos años ¿Te gané?

Daniel, Ana, Beto y Ale, los hermanos que la vida me regaló, gracias por crecer a mi lado, un logro más que tengo la fortuna de compartir con ustedes.

Val, Itzel, Quique, Maite, Dulce, Fer, Sofí y todos los maravillosos compañeros y amigos que me acompañaron durante esta etapa.

Karo y Angie mis hermosas amigas en el área, gracias por cada minuto de estrés superado a su lado.

Al Doctor Julio Rebolledo y al Profesor Héctor Yzquierdo, por brindar su apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A los alumnos de la Licenciatura en Artes Escénicas y Circenses Contemporáneas y todos los que participaron en este proyecto, sin Ustedes esto no habría sido posible.

A la UNAM, mi alma máter, mi segunda casa, por todo lo que me ha brindado durante todos estos años.

Índice

Resumen	7
Introducción	8
1. Neuropsicología y neuropsicología del deporte	11
1.1 Neuropsicología	11
1.2 Métodos en neuropsicología	13
1.3 Procesos Cognitivos	17
1.4 Neuropsicología del deporte	28
2. Actividad física, ejercicio físico y deporte	31
2.1 Actividad física	31
2.2 Ejercicio físico	33
2.3 Deporte	35
2.4 Desarrollo de habilidades para el ejercicio físico y el deporte	36
2.5 Beneficios asociados al ejercicio físico	37
3 Malabarismo	49
3.1 Definición y componentes	51
3.2 Investigación acerca del malabarismo	54

4 Método	61
4.1 Justificación	61
4.2 Pregunta de investigación	62
4.3 Objetivo	62
4.4 Hipótesis	62
4.5 Diseño y tipo de estudio	62
4.6 Variables	64
4.7 Participantes	66
4.8 Instrumentos	68
4.9 Procedimiento	70
4. 10 Análisis estadístico	72
5. Resultados	73
6. Discusión	80
7. Conclusiones	87
8. Limitaciones y sugerencias	88
9. Referencias	89
10. Anexos	102

Resumen

En los últimos años se ha generado información que sugiere que el cerebro humano se adapta a las demandas del ambiente alterando sus propiedades estructurales y funcionales lo que resulta en la adquisición de nuevas habilidades. Este proceso es llamado plasticidad cerebral, e implica la modificación de determinadas estructuras cerebrales lo que trae como resultado la mejora de funciones cognitivas. De igual manera, ha incrementado la investigación acerca de los beneficios obtenidos a partir del ejercicio físico y su papel como facilitador en este proceso de plasticidad cerebral.

Dado lo anterior, resulta importante investigar de manera específica los beneficios obtenidos a partir de determinados ejercicios físicos. El malabarismo, por ejemplo, constituye un ejercicio con componentes complejos y que por su carácter lúdico puede ser enseñado a diversos tipos de poblaciones.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si existen diferencias en el desempeño neuropsicológico entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas, para lo cual se aplicaron una serie de pruebas que evalúan los procesos de atención, memoria, planificación, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones y habilidades visoespaciales en 38 adultos jóvenes (edad media=21.22).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre no malabaristas y malabaristas expertos y entre no malabaristas y malabaristas novatos en pruebas que evalúan control inhibitorio, memoria y atención relacionadas con procesos visoespaciales, lo que sugiere que existen cambios neuropsicológicos a partir de la práctica de malabarismo.

Introducción

En la actualidad, ha incrementado la idea de mejorar el procesamiento cognitivo en el ser humano a lo largo de su crecimiento mediante el uso de nuevos programas, juegos, libros y demás productos que se enfocan en entrenar el cerebro para mantener al usuario mentalmente activo.

En relación a muchos productos en el mercado, existe una herramienta de bajo costo que permitirá un estado de salud adecuado en sus practicantes: la actividad física, la cual resulta la forma más efectiva de mantener cuerpo y mente sanos (van Praag, 2009).

Diversos estudios e investigaciones han relacionado la actividad física y el ejercicio físico con el mantenimiento y mejora de diversos aspectos del funcionamiento psicológico y fisiológico a lo largo de la vida (McAuley, Kramer, & Colcombe, 2004) y los han establecido como una influencia positiva en el funcionamiento cerebral y la cognición (Kramer & Erickson, 2007a).

Sin embargo, a pesar de los beneficios asociados a la actividad física, en el 2012, la prevalencia de inactividad física a nivel mundial en adultos fue del 31.1% (Hallal, Andersen, Bull, Guthold, & Haskell, 2012). Particularmente en México, ha habido un aumento en el porcentaje de personas con inactividad física pasando de un rango del 16% en 2006 al 19% en 2012 (Secretaría de Salud, 2015).

Dado que la inactividad física se encuentra relacionada con una variedad de condiciones de la salud como enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer, depresión y

deterioro cognitivo (McAuley et al., 2004), resulta importante conocer, generar y difundir mayor información acerca de la actividad física y el ejercicio físico y sus beneficios.

Diversos estudios sugieren que la actividad física facilita la plasticidad de ciertas estructuras cerebrales y como resultado mejora funciones cognitivas (Hötting & Röder, 2013), proceso que es conocido como plasticidad cerebral.

Existe también evidencia prometedora de que una cantidad modesta de actividad física es suficiente para tomar ventaja de la capacidad natural del cerebro para llevar a cabo un proceso de plasticidad, resultando en un desempeño cognitivo mejorado, mayores logros académicos y reducción en el riesgo de padecimiento de demencia (Erickson, Hillman, & Kramer, 2015). Además, el ejercicio físico parece estar relacionado con las funciones ejecutivas facilitando su desarrollo mediante tres requerimientos: 1) las demandas cognitivas inherentes en la estructura de la dirección a una meta y el compromiso con el ejercicio, 2) el compromiso cognitivo requerido para ejecutar movimientos motores complejos y 3) los cambios psicológicos en el cerebro producidos a partir del ejercicio (Best, 2010).

Dado lo anterior, es importante conocer los efectos que tienen diferentes tipos de ejercicio físico, conociendo no solo los beneficios en el estado de salud de sus practicantes, sino también sus efectos como facilitador en el proceso de plasticidad cerebral y su expresión en cambios tanto estructurales como funcionales, campo que ha sido estudiado por la neuropsicología del deporte por muchos años.

Existen diversas investigaciones que se han centrado en esta temática, sin embargo, la mayoría de ellas presta atención solo a ejercicios físicos aeróbicos, empleando

principalmente caminata y ciclismo como estrategias de intervención. Es por esto, que es importante explorar el efecto de otro tipo de ejercicios físicos que no han sido tan ampliamente estudiados como es el caso del malabarismo.

El malabarismo, además de ser reconocido como un arte circense, puede ser clasificado como un ejercicio físico que depende de movimientos corporales de corta duración e involucra elementos de coordinación motora, coordinación ojo-mano y requiere de la reacción a objetos en movimiento (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Se trata también de un ejercicio que requiere de comportamiento de búsqueda visual y coordinación sensoriomotora, conformado por componentes espaciales, temporales y atencionales (Raoul Huys, Daffertshofer, & Beek, 2004a) y que se ha probado influye en estructuras cerebrales relacionadas con procesamiento visoespacial, memoria, atención y control inhibitorio (Draganski et al., 2004; Driemeyer, Boyke, Gaser, Büchel, & May, 2008; Sampaio-Baptista et al., 2014), por lo que resulta interesante explorar si existen diferencias en el desempeño neuropsicológico entre aquellas personas que practican este ejercicio y aquellas que no.

Capítulo 1

Neuropsicología y neuropsicología del deporte

Neuropsicología

La neuropsicología se encarga de estudiar la relación entre el funcionamiento cerebral y el comportamiento (Meir, 1974 en Horton & Horton, 2008), más específicamente, intenta comprender cómo operan los procesos psicológicos y las funciones cognitivas en relación con sistemas y estructuras cerebrales (Stirling, 2002) mediante el uso de tests, tareas, pruebas, técnicas de medida, técnicas de imagen y métodos experimentales (Webbe, 2008) ya sea con fines explicativos o para el diagnóstico de déficits cognitivos y de comportamiento específicos.

Difiere de otras neurociencias conductuales en su objeto de estudio puesto que se centra específicamente en el conocimiento de las bases neurales de los procesos mentales complejos como el pensamiento, memoria, lenguaje, funciones ejecutivas y formas complejas de motricidad y percepción por lo que su objeto de estudio son casi exclusivamente los seres humanos (Portellano, 2005).

Entre sus características principales se encuentran además 1) un carácter neurocientífico que se caracteriza por dos tipos de procedimientos: uno hipotético-deductivo donde se establecen hipótesis que son probadas con experimentos, y otro analítico-inductivo donde se realizan experimentos para poner a prueba la relación funcional entre variables controladas, 2) el estudio de funciones cognitivas, es decir, procesos cognitivos superiores, 3) el estudio preferente de las manifestaciones del córtex

cerebral asociativo, esto debido a que la corteza asociativa es la principal responsable de los procesos cognitivos superiores y es una zona muy susceptible de resultar dañada, 4) el uso de modelos humanos puesto que la cognición en cada especie es diferente y solo puede ser extrapolable con limitaciones ya que los procesos cognitivos en el ser humano son cuantitativa y cualitativamente diferentes a cualquier otra especie, 5) un carácter interdisciplinar que le permite aportaciones procedentes de diversas disciplinas como neurología, biología, neurofisiología, medicina, farmacología, fisiología y psicología cognitiva (Portellano, 2005).

La neuropsicología se preocupa por el desarrollo de programas de intervención y rehabilitación de las funciones cognitivas tanto en sujetos sanos como en poblaciones con lesiones cerebrales (Portellano, 2005); los estudios en esta disciplina han permitido tener conocimiento acerca de la manera en la que se desarrollan los procesos cognitivos y cómo ciertas lesiones o enfermedades tendrán un impacto en ellos, también han permitido conocer que existe un deterioro cognitivo producto del envejecimiento y que habrá ciertas actividades que contribuirán a frenar este deterioro.

Es sabido, por ejemplo, que cada región cerebral no es responsable de una sola función y que a su vez cada proceso no depende de una sola área, sino que requieren de la actividad y conexiones entre varias regiones específicas aunque sí existen ciertas regiones fundamentalmente involucradas mientras que hay otras que no lo están, es decir, hay una especialización cortical donde hay varios centros, anatómicamente distribuidos pero interconectados, involucrados en cada proceso psicológico (Stirling, 2002).

También gracias a los estudios en neuropsicología y otras especialidades es sabido que el cerebro es increíblemente plástico y que cambia con la experiencia. y que existen diversos factores que influyen en la capacidad y rango en el cual hay plasticidad en el cerebro, siendo la actividad física un método efectivo para aumentar esta plasticidad (Erickson et al., 2015), la cual se expresa mediante correlatos entre los cambios obtenidos a nivel cerebral y aquellos expresados a nivel conductual.

Métodos en Neuropsicología

Además de los modelos adaptados a lesiones en animales, estudios post-mortem y estudios de caso, en la actualidad la neuropsicología utiliza diversos métodos no invasivos que le permiten evaluar y estudiar el procesamiento cognitivo, cada uno de ellos con sus propias fortalezas y debilidades cuya aplicación varía de acuerdo a su finalidad empírica o clínica (Roth, Koven & Pendergrass, 2008).

Existen, por ejemplo, las imágenes por resonancia magnética (MRI, por sus siglas en inglés) y las imágenes por resonancia magnética funcional (f-MRI, por sus siglas en inglés) tecnologías que permite estudiar la anatomía cerebral, el funcionamiento neuronal y observar el volumen de diferentes tejidos como materia gris, materia blanca y el fluido cerebroespinal en el caso de las MRI (Kolb & Wishaw, 2006, Roth et al., 2008) y establecer un vínculo entre la anatomía cerebral y procesos como cognición, percepción y sensación en las f-MRI (Roth et al., 2008).

También puede mencionarse la tomografía por emisión de positrones (PET por sus siglas en inglés) útil para detectar cantidades relativas de un neurotransmisor dado, la densidad de receptores y actividades metabólicas asociadas con el aprendizaje, (Kolb &

Wishaw, 2006), la tomografía computarizada (CAT, por sus siglas en inglés para tomografía axial computarizada) que produce imágenes del tejido denso permitiendo observar anomalías como lesiones y tumores (Kolb & Wishaw, 2006; Marin, 2006; Roth et al., 2008) y la morfometría basada en voxels (VBM) técnica neuroanatómica computacional que permite cuantificar la densidad o concentración de materia gris o blanca en función de otros tipos de tejido en una región cerebral (Roth et al., 2008).

Si bien estas técnicas destacan debido a su precisión espacial y permiten tener un conocimiento claro de la localización de las regiones involucradas en el procesamiento o de las regiones dañadas, es importante considerar que los procesos cognitivos se desarrollan en fracciones de segundo, por lo que la temporalidad del proceso es otro componente importante.

En estos casos la neuropsicología hace uso del registro electroencefalográfico (EEG) y los potenciales relacionados a eventos, métodos que permiten registrar la actividad eléctrica neuronal de largas regiones del cerebro (Kolb & Wishaw, 2006), incluso durante la estimulación sensorial o la resolución de una tarea lo que lleva patrones específicos de activación en las ondas registradas (Kolb & Wishaw, 2006).

Además de técnicas neuroanatómicas, electrofisiológicas, de neuroimagen o psicofísicas que comparte con otras neurociencias, la neuropsicología cuenta con un amplio repertorio de pruebas propias que le permiten realizar procesos de evaluación más específicos (Portellano, 2005).

La evaluación neuropsicológica representa un método accesible empleado para brindar el perfil neurocognitivo de un individuo identificando sus fortalezas y debilidades o

para identificar diferencias a partir del declive producto de una enfermedad neurológica, accidente o enfermedad o de la mejora producto de una intervención (Stirling, 2002).

Por lo general, implica una serie de test y procedimientos estandarizados para valorar sistemáticamente varias áreas, lo que es conocido como batería neuropsicológica; en las cuales se realizan actividades para la resolución de problemas o respuestas a preguntas (Vanderploeg, 2011).

Estas baterías habitualmente incluyen un indicador de coeficiente intelectual y se acompañan de otras pruebas más específicas que evalúan procesos como la resolución de problemas, planeación, atención, memoria, aprendizaje y habilidades académicas, perceptivas y motoras entre otros (Stirling, 2002, Portellano, 2005).

Entre estas pruebas específicas pueden mencionarse como las más comúnmente empleadas: el Test de aprendizaje verbal califonia y el Test de aprendizaje auditorio y verbal de Rey para medir aprendizaje y memoria en las modalidades verbal y auditiva y el Test breve de memoria visoespacial para la modalidad visual; Test de los 5 dígitos, Sucesión de números y letras de la prueba WAIS-III y Test controlado de asociación de palabras para la evaluación de velocidad de procesamiento; la Figura compleja de Rey, el Test Bender y Tests de ritmo para percepción; el Test Stroop, Cartas de Wisconsin y la Torre de Londres para evaluar atención y funciones ejecutivas; Retención de dígitos de la prueba WAIS-III para la atención y el Test controlado de asociación de palabras para la fluencia verbal (Portellano, 2005; Webbe, 2008).

Las pruebas de evaluación neuropsicológica comprenden un método específico para la evaluación y con frecuencia son más sensibles a los efectos del daño cerebral que otras

técnicas más sofisticadas, especialmente en trastornos que no tienen evidencia en pruebas de neuroimagen o neurofisiológicas (Portellano, 2005).

Al realizar una evaluación en un paciente con daño cerebral o debido a una intervención clínica, el desempeño deficiente en una prueba particular puede ser señal de una disfunción o daño localizado o focal, mientras que el desempeño deficiente global implicará daño generalizado o difuso (Stirling, 2002), sin embargo, es importante tomar en consideración el perfil completo del individuo y cómo es que los resultados obtenidos se relacionan con la historia del paciente y el problema presentado (Iverson, Brooks, White & Stem, 2008).

Por otro lado, cuando se trata de la evaluación de procesos cognitivos en sujetos sanos, esta puede ser con la finalidad de conocer diferencias en los resultados obtenidos entre diferentes individuos o de un mismo individuo a lo largo de diferentes periodos de tiempo, usando siempre un procedimiento de recolección de datos cuantitativo (Vanderploeg, 2011, pero un método de análisis con un enfoque cualitativo que le permita analizar estos resultados en función de diversos factores.

Los métodos anteriormente mencionados constituyen solo algunos de los empleados en la neuropsicología, y los cuales, serán empleados de acuerdo a tres propósitos generales que definirán la finalidad de los resultados obtenidos: diagnóstico, cuidado del paciente o fines de investigación (Lezak, 2012).

Al hablarse de diagnóstico, por ejemplo, los métodos de imagen ayudarán a determinar si existe una lesión, mientras que la evaluación neuropsicológica apoyará en la detección de deterioro en el funcionamiento cognitivo. Por otro lado, para fines de

investigación la evaluación neuropsicológica permitirá determinar el desempeño cognitivo el cual puede ser respaldado con técnicas de imagen que muestren su correlato estructural aportando información a los modelos y descripciones preexistentes acerca de cada proceso.

Procesos Cognitivos

Con el paso del tiempo la neuropsicología se ha encargado de identificar y categorizar los procesos cognitivos, estudiando la manera en la que se relacionan unos con otros y cuáles son las regiones que se encuentran relacionadas con ellos, lo que ha permitido generar modelos que los explican al tiempo que destacan su importancia y describen formas para su mejora o recuperación en caso de verse afectados.

Una de las categorizaciones más habituales de los procesos mentales es dentro de las funciones ejecutivas, las cuales incluyen los procesos de atención, control inhibitorio, memoria de trabajo, flexibilidad mental, planeación y selección de estrategias para resolver problemas de manera óptima (Anderson, 2008). Sin embargo, existe un debate acerca de las características que definen un proceso como ejecutivo y acerca de cuáles habilidades deberían de ser consideradas como tales.

Existe un enfoque inclusivo que toma en cuenta un amplio rango de habilidades y funciones que son importantes para que una persona se desarrolle en conductas con propósito (Anderson, Jacobs & Anderson, 2008) por lo que se describirán algunos de los procesos cognitivos más relevantes para el ser humano, como unidades separadas, pero no independientes, sin seguir una clasificación específica.

Atención.

La atención se encarga de realizar la selección de la información que ha entrado al sistema nervioso para su procesamiento adicional, permitiendo al individuo responder a un evento logrando un cambio en su ambiente (Anderson, 2008); se encuentra conformada por elementos que evalúan las características espaciales y temporales de la situación, usando este marco espacio-temporal para reducir la cantidad de información a procesar (Cohen, 2014)

Es importante destacar que no se trata de un proceso unitario sino de un sistema dinámico, multimodal y jerárquico que facilita el procesamiento de información (Portellano, 2005) y que depende de un proceso de selección y filtro (Stirling, 2002) para emitir la respuesta, sensorial, cognitiva o motora más adecuada para la ocasión (Portellano, 2005), por lo que es el elemento fundamental que articula todos los procesos cognitivos (Stirling, 2002).

Aunque no existe una teoría unificada acerca del proceso de atención, se tiene conocimiento acerca de los elementos que involucra (Stirling, 2002) y que se estructura en tres niveles de complejidad creciente: estado de alerta, atención sostenida y atención selectiva (Portellano, 2005, Stirling, 2002).

El estado de alerta, es también llamado vigilancia, y se refiere a la habilidad para mantener atención a través del tiempo (Stirling, 2002), es la base de los procesos atencionales y permite que el sistema nervioso tenga suficiente capacidad para la percepción de información interna y externa sin hacerlo de manera específica (Portellano, 2005).

El estado de alerta se divide a su vez en atención tónica y atención fásica; la primera se encuentra ubicada en la formación reticular y sus conexiones con el córtex y es necesaria para mantener la atención al realizarse una tarea prolongada, mientras que la segunda permite emitir una respuesta ante un estímulo inesperado y se ubica en los circuitos talámico-frontales y las áreas amígdalino-hipocámpicas (Portellano, 2005)

Por otro lado, la atención sostenida se relaciona con el nivel de alerta y factores motivacionales, y corresponde a la capacidad mediante la cual se mantiene el foco atencional, mientras que la atención selectiva involucra el nivel jerárquico más elevado de los procesos atencionales, siendo la capacidad para seleccionar, integrar y alternar entre estímulos específicos (Portellano, 2005).

Además de estos tres niveles, existen otras manifestaciones de la atención reconocidas las cuales se presentan en función de las demandas físicas, cognitivas y conductuales existentes (Cohen, 2014).

Se puede hablar por ejemplo, de la atención focalizada que se refiere a la selección de información necesaria para el procesamiento de una o más respuestas para una situación específica y la atención voluntaria que tiene lugar cuando el procesamiento de información se da en función de un acto intencional establecido por el individuo (Cohen, 2014).

Al tratarse de una función compleja, no existe un centro de atención en el cerebro (Stirling, 2002) y se encuentran implicadas varias áreas del sistema nervioso, los procesos que requieren un mayor grado de selección voluntaria se encuentran en áreas corticales mientras que los procesos más pasivos relacionados con la atención involuntaria se encuentran en las áreas más profundas del encéfalo (Portellano, 2005) implicando regiones

como lóbulos parietales y frontales, giro cingulado, tálamo y el sistema de activación reticular ascendente (Stirling, 2002).

Por último, es importante resaltar que la atención no es un proceso aislado y se encuentra interdependiente de otros procesos como la memoria, la velocidad de procesamiento, la inhibición y la motivación (Portellano, 2005).

Memoria.

La memoria no es un constructo unitario puesto que se divide en diversos tipos y depende de diversos sistemas, sin embargo, puede ser definida como los procesos involucrados en la adquisición de información y su subsecuente recuerdo o como la representación de hechos, eventos y otro tipo de información en el cerebro, los cuales, fueron adquiridos en algún momento anterior (Louse, 2011).

Aun en la actualidad, existe una controversia acerca de cuántos tipos de memoria existen, aunque la forma más común de dividirla es de acuerdo al procesamiento y tiempo de almacenamiento de la información, separándola en memoria sensorial, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo (Baddeley, Eysenck & Anderson, 2015; Louise, 2011).

La información recibida del medio ambiente es primero procesada por diversos sistemas de memoria, dando lugar a la memoria sensorial, posteriormente esta información pasa a un sistema de memoria a corto plazo y después es registrada en la memoria a largo plazo (Baddeley et al., 2015).

Primero, la memoria sensorial implica el breve almacenamiento de información de acuerdo a una modalidad sensorial determinada; este tipo de memoria se desvanece

rápidamente si la información no es transferida a otros sistemas de memoria para su procesamiento (Portellano, 2005). Contiene a su vez la memoria olfativa, la memoria táctil, la memoria gustativa, la memoria auditiva y la memoria visual (Baddeley et al., 2015).

Después, la memoria a corto plazo depende de los sistemas que forman parte del sistema de la memoria de trabajo (Baddeley et al., 2015) e involucra la retención de manera activa de una cantidad relativamente pequeña de información por periodos cortos de tiempo (Louise, 2011).

Por último, la memoria a largo plazo mantiene la información por periodos mucho más largos de tiempo; esta a su vez contiene la memoria procedimental y la memoria declarativa (Baddeley et al., 2015).

La memoria procedimental depende de los ganglios basales y el cerebelo e involucra el aprendizaje de habilidades motoras o cognitivas (Louise, 2011), mientras que la memoria declarativa es la capacidad para recordar datos y eventos de manera consciente e intencional (Junqué & Barroso, 2009), esta última es dividida a su vez en memoria episódica, relacionada con los eventos personales del individuo, y la memoria semántica, que incluye los conocimientos teóricos aprendidos (Baddeley et al, 2015).

De manera general, en el proceso de memoria se ven involucradas regiones como la corteza prefrontal, donde se llevan a cabo la codificación y recuperación de información, el hipocampo y regiones neocorticales que lo rodean, que involucran procesos de retención o consolidación, y los lóbulos temporales, donde los componentes informacionales son ligados y planteados en su respectivo contexto (Junqué & Barroso, 2009, Louis, 2011).

Memoria de trabajo.

La memoria de trabajo, puede ser considerada dentro de la memoria a corto plazo (Baddeley et al., 2015); sin embargo, más que una subcategoría de la memoria es considerada en sí misma como un componente del funcionamiento cognitivo (Anderson, 2008) esencial en la mediación para la integración temporal del discurso, razonamiento y comportamiento dirigido a una meta (Fuster, 2008).

Se trata de un sistema multicompuesto de capacidad limitada (Louise, 2011) que permite retener y manipular información al ampliarla, disminuirla o reorganizarla, lo que resulta útil para desempeñar otras tareas complejas (Baddeley et al., 2015).

El modelo descrito por Baddeley es el más utilizado para explicar el procesamiento en la memoria de trabajo (Anderson, 2008); este modelo hace una división en cuatro componentes principales (Baddeley, 2007) que permiten realizar tareas de mantenimiento y manipulación de información (Martin, 2006):

1.- Bucle fonológico: mecanismo para el ensayo articulatorio y el almacenamiento fonológico, mantiene y manipula por periodos cortos información basada en el lenguaje, es decir, en modalidad auditiva (Anderson, 2008; Baddeley, 2007)

2. Agenda visoespacial: es el equivalente del bucle fonológico para la información visual y espacial y tiene su interfaz de operación entre la visión, la atención y la acción (Baddeley, 2007).

3. Búfer episódico: es un sistema de almacenamiento más general donde la información es retenida de manera temporal, permitiendo trabajar con esta información al

integrarla para crear una representación única del evento que está teniendo lugar (Anderson, 2008; Baddeley, 2007).

4. Ejecutivo central: representa el sistema de control atencional de la memoria de trabajo que recibe información de los otros tres componentes. Aunque tiene una capacidad limitada, tiene cuatro funciones principales: 1) focalizar la atención hacia un objetivo para mantener un comportamiento dirigido a una meta; 2) coordinar la ejecución de dos o más tareas al mismo tiempo; 3) dividir la atención entre estas tareas y responder de acuerdo a la situación lo cual, a su vez, depende de flexibilidad cognitiva; 4) seleccionar, recuperar y representar información contenida en la memoria a largo plazo (Anderson, 2008; Baddeley, 2007).

En resumen, la memoria de trabajo es un sistema de capacidad limitada que permite el almacenamiento temporal de la información necesaria para tareas complejas como el razonamiento, la resolución de problemas, el aprendizaje y la comprensión (Anderson, 2008); siendo esencial para el procesamiento cognitivo y que depende de la corteza prefrontal, más específicamente de áreas dorsolaterales y cinguladas, en colaboración con área de Broca, área de Wernicke y áreas parietooccipitales de asociación (Portellano, 2005).

Planificación

Se refiere a la capacidad para identificar la serie de pasos necesarios para resolver un problema mediante la habilidad de percibir acciones futuras y sus efectos; requiere de una serie de operaciones mentales y conductuales que conjuntan recursos motivacionales, emocionales y cognitivos dirigidos a una meta establecida (Friedman & Scholnick, 2014; Anderson, 2008).

Implica también la capacidad para anticipar, ensayar, prever y ejecutar secuencias complejas, teniendo en cuenta conocimiento de las acciones pasadas y su efecto en las futuras (Portellano & García, 2014), se relaciona con otros procesos cognitivos como el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la atención sostenida (Anderson, 2008) y al igual que otros procesos involucrados en el funcionamiento ejecutivo, se ve afectada por lesiones o disfunciones en el área prefrontal dorsolateral (Portellano & García, 2014).

Una buena planificación se asocia con la capacidad para idear aproximaciones alternativas y aplicar la aproximación que resuelva el problema de la manera más efectiva (Anderson, 2008).

Control Inhibitorio.

Es un componente de las funciones ejecutivas que permite limitar la percepción de estímulos que no son relevantes para la tarea en ejecución (Miyake et al., 2000) o anular una parte o la totalidad de otros procesos mentales (Macleod, 2007) lo que permite regular y controlar la tendencia a generar respuestas impulsivas originadas en otras estructuras cerebrales, siendo esta una función reguladora primordial para la conducta y la atención (Flores, Ostrosky & Lozano, 2012).

Evidencia sugiere que podrían existir diferentes mecanismos de impulso que son regulados por el control inhibitorio entre los cuales se puede mencionar la preparación impulsiva, que involucra hacer una respuesta antes de que toda la información necesaria haya sido obtenida y la ejecución impulsiva, que es la ejecución de una acción de manera rápida y sin el análisis necesario (Bechara, 2004).

A menudo el control inhibitorio puede verse relacionado con el término de interferencia e incluso pueden llegar a ser empleados de manera indistinta, sin embargo, es importante hacer una diferencia entre ambos, siendo el término de interferencia el fenómeno empírico en el cual el desempeño de un individuo decrece en función de una línea base debido al procesamiento de información irrelevante y el término de inhibición el referente al mecanismo teórico que explica el fenómeno de interferencia (Macleod, 2007); con lo que el proceso de control inhibitorio puede ser estudiado mediante índices que evalúen el nivel de interferencia en una tarea, como es el caso del Test Stroop (Golden, 2010).

Los mecanismos inhibitorios que permiten suprimir información que no es relevante y restringir la producción de respuestas automatizadas (Richard-Devantoy et al., 2012) se encuentran localizados principalmente en el área prefrontal dorsolateral (Portellano & García, 2014; Valadez y Granados, 2014).

El proceso de inhibición es necesario para funciones sociales previniendo al individuo de impulsos inadecuados para ciertos contextos, además se presenta a menudo de manera consciente en situaciones cotidianas que requieren decidir entre dos opciones que entran en conflicto (Macleod, 2007) y se encuentra relacionado con el proceso de toma de decisiones.

Toma de decisiones

Constituye parte del funcionamiento ejecutivo e implica seleccionar la opción más óptima de entre dos o más alternativas, para lo cual, se realiza una evaluación de los pros y

contras (Portellano & García, 2014) influenciada por los posibles resultados futuros y la relación costo-beneficio de cada opción (Bechara, 2000)

Para esta evaluación el proceso de toma de decisiones puede ser dividido en dos niveles: valoración y decisión (Peters & Büchel, 2011); mientras que la valoración se trata de la computación neural y representación de los valores subjetivos de las opciones disponibles y se ve acompañada por marcadores biológicos que tienen lugar ante emociones y sentimientos, la decisión se da al comprometerse procesos como planificación, control inhibitorio y memoria de trabajo para la selección de una acción (Peters & Büchel, 2011; Portellano & García, 2014).

La toma de decisiones surge de sistemas a gran escala que incluyen componentes corticales y subcorticales que incluyen amígdala, corteza insular/somatosensorial y sistema nervioso periférico, además, la corteza orbito frontal representa una estructura crítica (Bechara, 2004).

Flexibilidad cognitiva.

La flexibilidad cognitiva se define como la capacidad para adaptar respuestas a nuevas contingencias o estímulos generando nuevos patrones de conducta al mismo tiempo que se inhiben aquellas respuestas que resultan inadecuadas (Portellano & García, 2014).

Incluye habilidades como el aprendizaje a partir del ensayo y error, formular estrategias alternativas, dividir la atención y procesar múltiples fuentes de información en un mismo momento (Anderson, 2008).

Cuando las estrategias cognitivas o las hipótesis de solución de problemas no son las adecuadas para un momento u contexto específico, es necesario evitar la persistencia en una estrategia y desengancharse de ella, capacidad que es permitida gracias a una adecuada flexibilidad mental (Flores et al., 2012).

Permite realizar la alternancia entre la forma de respuesta a varias tareas cambiantes que se ejecutan de modo simultaneo o alternante (Portellano & García, 2014) y su procesamiento se encuentra localizado principalmente en área prefrontal dorsolateral (Portellano & García, 2014).

Además de estos procesos, pueden mencionarse otros como la organización, la formulación de una meta y el monitoreo del comportamiento, o el procesamiento espacial el cual permite percibir e integrar información perteneciente a un lugar determinado en el espacio y depende de la corteza estriada, el tracto dorsal y el sistema de proyección occitoparietal (Ruocco & Irani, 2011).

Al final, el funcionamiento cognitivo en el ser humano no depende de un proceso cognitivo unitario, sino más bien es un constructo compuesto por múltiples habilidades cognitivas complejas que se encuentran interrelacionadas (Anderson, 2008).

Con esto resulta claro que existen un gran número de procesos cognitivos y funciones mentales que independientemente de la forma en la que sean categorizadas, son primordiales para el ser humano y la forma en la que percibe, procesa e interactúa con su entorno, valiéndose de ellas para comprender y afrontar cada situación en la que se encuentra presente.

Es importante también considerar que todos estos procesos dependen de redes cognitivas distribuidas a través de regiones corticales y subcorticales y no de una sola región específica (Fuster, 2008), se ven influenciados por diversos factores y son además abordados mediante diversas técnicas y con diversos objetivos.

Lo anterior, gracias a que el ámbito de actuación de la neuropsicología es muy amplio y se relaciona con diferentes contextos sanitarios, educativos, sociales o relacionados con la investigación básica o clínica del cerebro (Portellano, 2005), permitiendo dividirla en diversas ramas.

Pueden mencionarse por ejemplo la neuropsicología clínica, que tiene como finalidad estudiar los efectos de daños o enfermedades cerebrales en procesos psicológicos tales como atención lenguaje y memoria, la neuropsicología cognitiva que intenta identificar la manera en la que se realiza el procesamiento de información para brindar modelos hipotéticos que expliquen disfunciones (Stirling, 2002) y la neuropsicología del deporte.

Neuropsicología del deporte

La neuropsicología del deporte combina la psicología del deporte y la neuropsicología. El inicio de esta disciplina se dio debido al interés de estudiar las concusiones relacionadas con el deporte, lo cual se mantiene como la característica que define esta disciplina (Webbe, 2011).

Por un lado, la psicología del deporte puede definirse como “el estudio científico de la gente y sus comportamientos en el deporte y actividades de ejercicio y la aplicación práctica de ese conocimiento” (Weinberg & Gould, 2011).

Se encarga además de estudiar las bases psicológicas, procesos y efectos del deporte y el ejercicio físico (Jarvis, 2006), teniendo como objetivos principales comprender los efectos de factores fisiológicos en el desempeño motor o físico y comprender los efectos de la participación en actividad física en el desarrollo psicológico, salud y bienestar (Weinberg & Gould, 2011).

Por otro lado, la neuropsicología estudia la relación entre el funcionamiento cerebral y el comportamiento (Meir, 1974 en Horton y Horton, 2008), con el comportamiento continuamente desglosado en componentes intelectuales, emocionales y de control, mediante el uso de tests y técnicas de medidas para diagnosticar déficits cognitivos y de comportamiento específicos (Webbe, 2008; Lezak, 2012).

Sumando estas dos disciplinas, la neuropsicología del deporte se encarga de estudiar la influencia del ejercicio físico y el deporte en el sistema nervioso, evaluando el funcionamiento cognitivo de sus practicantes.

Las primeras investigaciones en neuropsicología del deporte datan a mediados de los años 80, teniendo como objetivo el estudio de los efectos de las lesiones cerebrales a partir del deporte con la finalidad de generar programas para su rehabilitación (Echemendia, 2006).

En la actualidad la neuropsicología del deporte es definida por dos grandes áreas de investigación: concusiones relacionadas con el deporte y bienestar neurocognitivo y médico (Webbe, 2011). Esto debido a que tanto las lesiones cerebrales como las demandas metabólicas dadas en el ejercicio pueden alterar el aprendizaje, funcionamiento y desempeño cognitivo de sus practicantes (Webbe, 2008).

En el área de las concusiones relacionadas con el deporte se estudian temas como epidemiología, relación entre su ocurrencia y el tipo de deporte, curvas de recuperación y regreso al juego y el rol de lesiones previas y subsecuentes en el desempeño neurocognitivo (Webbe, 2008).

Por otro lado, en el área del bienestar neurocognitivo se define el uso de la evaluación neurocognitiva de atletas para determinar el rol que actividades deportivas puedan tener afectando la calidad o duración de la capacidad cognitiva y calidad de vida, este tipo de estudio puede identificar los costos o beneficios de ejercicios físicos y actividades deportivas (Webbe, 2011).

En los últimos años evidencia de estudios sugieren que la actividad física y el ejercicio físico tienen un efecto facilitador en la neuroplasticidad y a menudo va acompañado de mejora en el funcionamiento cognitivo (Hötting & Röder, 2013), por lo que resulta importante estudiar la influencia a nivel neuropsicológico y estructural que tienen diversos tipos de ejercicio físico.

Capítulo 2

Actividad física, ejercicio físico y deporte

En muchas ocasiones los términos actividad física, ejercicio, activación física y deporte se usan de manera indistinta, fomentando la necesidad de su práctica y su importancia en la vida, describiendo los beneficios asociados a su práctica y la necesidad de más difusión al respecto. Sin embargo, es importante conocer la diferencia entre estos para poder identificar sus alcances y requerimientos.

Actividad física

La Organización Mundial de la Salud, OMS, (2016a) define a la actividad física como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía, lo cual incluye las actividades realizadas al trabajar, jugar y viajar, las tareas domésticas y las actividades recreativas.

Puede ser dividida de acuerdo a su intensidad en moderada e intensa; dicha intensidad refleja la velocidad y magnitud del esfuerzo requerido y dependerá de factores individuales como la condición y forma física de quien la realiza (OMS, 2016c).

La actividad física usualmente se mide en equivalentes metabólicos (MET), definidos como costo energético o consumo calórico y son la razón entre el metabolismo durante la realización de una actividad y el metabolismo en estado basal equivaliendo a 1kcl/kg/h (donde kcl es kilocaloría, kg kilogramo y h hora) (OMS, 2016c).

La actividad física moderada abarca de 3 a 6 MET y requiere un esfuerzo moderado que acelera de forma perceptible el ritmo cardiaco mientras que la actividad física intensa

involucra más de 6 MET y requiere de una gran cantidad de esfuerzo y provoca una respiración rápida y un aumento sustancial en la frecuencia cardiaca. Tareas como caminar a paso rápido, participación activa en juegos o deportes y paseos con animales domésticos son consideradas como actividad física moderada, mientras que ascender a paso rápido una escalera y desplazamientos rápidos en bicicleta pueden ser considerados como actividad física intensa (OMS, 2016c).

De manera general, caminar en el trayecto diario al trabajo o escuela, realizar tareas (ya sean en el hogar o en el trabajo) y el momento de recreo en las escuelas, para el caso de los niños, son algunos ejemplos de momentos que involucran actividad física en el ser humano. Sin embargo, los distractores tecnológicos, el aumento en líneas y sistemas de transportes, espacios inadecuados o inexistentes y el desarrollo de nuevas tecnologías que han permitido reducir el tiempo de labor físico necesario para completar tareas diarias han llevado a una vida sedentaria donde la disminución en la cantidad de actividad física diaria en la población es obvia (Bauman et al., 2012; Hallal et al., 2012).

A nivel mundial, al menos un 60% de la población no realiza la actividad física necesaria para obtener beneficios en la salud (OMS, 2016b), mientras que en México la prevalencia de inactividad física pasó de ser del 16% en 2006 al 19% en 2012 (Secretaría de Salud, 2015), por lo que resulta importante fomentar la activación física en la población para la obtención de beneficios en al menos un ámbito.

Dado el amplio rango de actividades que pueden ser consideradas como actividad física, es necesario poder separar aquellas actividades indispensables u obligatorias que forman parte del día a día, de aquellas que se hacen con una intención de *activarse*

físicamente más allá de lo rutinario y pueden traer consigo beneficios a la salud y por lo tanto a la cognición.

Ejercicio físico

El ejercicio físico, es una subcategoría de la actividad física que se caracteriza por ser planeado, estructurado y repetitivo, teniendo como objetivo mejorar o mantener uno o más componentes del estado físico del practicante (OMS, 2016a), por lo que no toda actividad física llegará a ser considerada como un ejercicio físico pero sí todo ejercicio físico requerirá de actividad física.

Como ejemplos de ejercicio físico o actividad física regular pueden mencionarse el hábito de caminar, trotar o correr 30 o más minutos al día, el uso diario de bicicleta para recorrer distancias largas o por recreación, ir a clases de rapel o baile o asistir de manera regular a un gimnasio o centro deportivo donde se realizan determinadas rutinas.

A diferencia de la actividad física cotidiana, en este tipo de actividades es necesario hacer un espacio en la rutina diaria para realizarla, su práctica se vuelve constante y en ocasiones son necesarias vestimentas o equipos especiales para su realización.

Al igual que la actividad física, el ejercicio físico puede ser clasificado de acuerdo a su intensidad en moderado (por ejemplo caminar a paso rápido o bailar), e intenso donde se incluyen actividades como aerobics, natación rápida y participar en deportes y juegos competitivos como fútbol y baloncesto (OMS, 2016). Además, puede ser dividido en ejercicio aeróbico y anaeróbico.

El ejercicio aeróbico incluye ejercicios rítmicos de regular intensidad que tienden a ser continuos y con una duración de 20 minutos o más, estos ejercicios movilizan grandes masas musculares, elevan la frecuencia cardíaca y mejoran la resistencia cardiovascular y musculoesquelética (Cashmore, 2008; Domínguez, 2011) induciendo cambios cardiovasculares, respiratorios y metabólicos en el cuerpo, como ejemplos pueden mencionarse la caminata, la natación y el ciclismo.

Por otro lado, el ejercicio anaeróbico, se divide a su vez en alactácido y lactácido y como ejemplos se tienen entrenamientos de resistencia, levantamiento de pesas y ejercicios de coordinación. El ejercicio anaeróbico involucra actividades de corta duración y episódicas que tienen una intensidad variable, se caracterizan por escaso movimiento muscular y articular y aumentan la fuerza muscular (Cashmore, 2008; Domínguez, 2011) y afectan procesos energéticos y metabólicos aunque en menor medida que los ejercicios aeróbicos (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Los ejercicios de coordinación también forman parte del ejercicio anaeróbico e involucran elementos como coordinación motora y fina, balance coordinación ojo-mano y pierna-mano así como orientación espacial y reacción a personas y objetos en movimiento por lo que requieren más de procesos cognitivos y perceptuales necesarios para asegurar aspectos adaptativos y anticipatorios de la coordinación (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Esta clasificación del ejercicio físico tiene que ver también con el uso de los sustratos energéticos; la energía que se emplea en el ejercicio anaeróbico alactácido proviene de la reserva muscular de ATP's y fosfocreatina, esta reserva es muy limitada por

lo que este tipo de ejercicio se produce tan solo durante los primeros 10 segundos dando lugar posterior al ejercicio anaeróbico láctico, el cual, utiliza la energía proveniente de la glucólisis con una producción final de 2 ATP's por molécula glucosa y tiene una duración de hasta 3 minutos, por último, el ejercicio aeróbico usa el sustrato energético que proviene del metabolismo que se lleva a cabo en el ciclo de Krebs y cadena de electrones cuya producción final es de 36 ATP's (Fernández, 2011).

Estas etapas en una acción motora de acuerdo al uso del sustrato energético se encuentran bien delimitadas, sin embargo, no son independientes puesto que existe un proceso continuo y secuenciado en el que para el arranque se utiliza la reserva de ATP'S, seguido de obtención de energía vía glucólisis para dar lugar al metabolismo aeróbico (Fernández, 2011).

Ya sea anaeróbico o aeróbico la práctica constante del ejercicio físico puede deberse a diversos motivos: recomendación médica, como parte de las actividades escolares, diversión, para salir de la rutina o como distractor. En otras ocasiones, el ejercicio físico puede ser parte de un entrenamiento más amplio o parte de la especialización del practicante en algún deporte.

Deporte

A menudo se reconoce como deporte solo a aquellas disciplinas que son aceptadas y promovidas por el Comité Olímpico Internacional (IOC por sus siglas en inglés) mediante los Juegos Olímpicos Mundiales, como es el caso del fútbol, gimnasia, tenis, natación, tiro con arco, atletismo y levantamiento de pesas por mencionar algunas (IOC, 2016).

Sin embargo, existen otras disciplinas que pueden ser consideradas como deportes y que son abaladas por la IOC, aunque no sean presentadas en los Juegos Olímpicos Mundiales. La Asociación de Federaciones Internacionales de deporte reconocidas por la IOC, ARISF por sus siglas en inglés, es una asociación que ampara a federaciones de diversas disciplinas entre las que se pueden mencionar squash, baseball y softball, surf, baile, deportes de escalada, deportes de billar, bridge y ajedrez entre otros (ARISF, 2016).

Con los ejemplos anteriores, actividades tan diferentes como el ajedrez y el futbol pueden ser agrupados en una misma categoría: deporte, por lo que es importante intentar definir a qué hace referencia este concepto.

De acuerdo a la Federación Europea de Psicología del Deporte (FEPSAC por sus siglas en inglés), un deporte es toda actividad con el propósito de competición, recreación, educación o salud (Jarvis, 2006); sumado a esta definición, y reuniendo las características de los deportes mencionados anteriormente, puede ser dicho que un deporte será organizado, individual o en equipo y será usualmente competitivo (Eime, Harvey, Sawyer, Craike, & Harvey, 2013) cuenta con un conjunto de reglas establecidas, requiere de entrenamiento y práctica para su correcto desempeño y es abalado por al menos una asociación.

Existen actividades que reúnen algunas de las características mencionadas anteriormente pero que al no ser abaladas por la IOC no son consideradas como deporte y pueden ser categorizadas solo hasta el nivel de ejercicio físico; un ejemplo de esto es el malabarismo, actividad cuya práctica requiere de ejercicio físico constante, cuenta con diversas disciplinas que hacen que su desarrollo pueda ser individual o grupal y cuenta con

la Asociación Internacional de Malabaristas (IJA por sus siglas en inglés); asociación que se encarga de organizar convenciones y competencias anuales que involucran diferentes disciplinas.

Si bien, muy a menudo el ejercicio físico y el deporte van de la mano, es importante reconocer que no todo el ejercicio físico se convertirá en deporte y, a su vez, no todos los deportes requieren de ejercicio físico, como es el caso del ajedrez y el bridge; sin embargo, todos los deportes y ejercicios físicos requieren del desarrollo de ciertas habilidades para su correcto desempeño.

Desarrollo de habilidades para el ejercicio físico y el deporte

Al comenzar la práctica de un ejercicio físico o deporte es necesario que el practicante se involucre por completo en la actividad, posteriormente, y a partir de práctica y entrenamiento constante, el desempeño se vuelve automático (Cashmore, 2008).

Cada deporte requiere de diferentes habilidades, las cuales, son necesarias para su correcto desempeño; dichas habilidades se agrupan generando la capacidad para generar resultados preestablecidos con la máxima certeza mientras se procura el menor gasto de tiempo y/o energía posibles (Jarvis, 2006), esta capacidad es a menudo conocida como *la habilidad* para un deporte.

La adquisición de una habilidad se da de manera gradual y su proceso de adquisición puede ser fragmentado en tres niveles (Jarvis, 2006):

1.- Cognitivo: hay una tendencia a concentrarse y entender la naturaleza de la tarea y hay un mayor uso de procesos mentales para analizar qué es lo que se intenta lograr.

2.- Asociativo: en este nivel se involucra la práctica de la habilidad con lo que se disminuye el nivel de pensamiento acerca de lo que se está haciendo para lograr un desempeño adecuado.

3.- Autónomo: último nivel alcanzado cuando se ha dominado la habilidad y en el cual se requiere poco esfuerzo consciente sobre la ejecución, la cual, se vuelve automática.

Existe un amplio rango y diversas clasificaciones de habilidades, sin embargo, aquellas necesarias para el deporte pueden ser agrupadas en tres categorías principales: habilidades motoras necesarias para la producción de secuencias complejas de movimiento físico, habilidades sensoriales que involucran recibir información acerca del ambiente por medio de los sentidos y habilidades cognitivas relacionadas con el pensamiento, relevantes en aquellas actividades donde el desempeño depende de la anticipación y la toma de decisiones (Cashmore, 2008); el desarrollo de este último grupo de habilidades resulta importante en todos los deportes puesto que el papel del cerebro es primordial en la ejecución, aun cuando este sea fundamentalmente muscular (Tamorri, 2004).

Hay deportes donde el desarrollo de determinado tipo de habilidades es más importante que otras, el ajedrez, por ejemplo, requiere mayor desarrollo de habilidades cognitivas que motoras mientras que los corredores de 200 metros planos requieren mayores habilidades motoras que sensoriales. Por otro lado, existen ejercicios físicos y deportes que requieren el desarrollo de los tres tipos de habilidades, como es el caso del tiro con arco, el golf y el malabarismo.

El malabarismo, por ejemplo, requiere el desarrollo de habilidades motoras dado que para el tiro y cache de pelotas se requiere una posición casi estática de brazos y manos,

a su vez, los tiros deben ser todos con la misma fuerza para que el tiempo y altura de la trayectoria de cada pelota sea igual, por otro lado, requiere de habilidades sensoriales, como el uso de la vista periférica, para seguir las trayectorias de cada pelota a la vez que se cuida un correcto cache y requiere de habilidades cognitivas cuando la trayectoria de una pelota no es la esperada, ya que debe haber un procesamiento para corregir uno de los movimientos y mantener el ciclo de tiros.

Al final, la práctica continua de un ejercicio físico o la profundización en la práctica de un deporte trae consigo la mejora de habilidades innatas, si es que las hay, en el practicante al tiempo que se obtienen y desarrollan nuevas habilidades (Cashmore, 2008), esta práctica constante trae, a su vez, beneficios que van más allá de la mejora en la capacidad para desarrollarse en el deporte, entrenamiento o ejercicio físico.

Beneficios asociados al ejercicio físico

En términos generales, el ejercicio físico ha sido reconocido como un factor protector que reduce los rangos de morbilidad y mortalidad (Lautenschlager, Cox, & Cyarto, 2012) y que se encuentra relacionado con un buen estado de salud y un mejor envejecimiento (Eime et al., 2013; Lautenschlager et al., 2012; Orozco, Santiago, Anaya, & Guerrero, 2016); es sabido, además, que en todas las edades, los beneficios del ejercicio físico contrarrestan los posibles daños provocados, por ejemplo, por accidentes (OMS, 2016a).

Esta descripción permite hacerse una idea general acerca del carácter benéfico del ejercicio físico, sin embargo, existen un gran número de investigaciones, desde enfoques

médicos, psicológicos y sociales que se han encargado de estudiar su impacto en función de diversos factores, como la edad, tipo de ejercicio físico y antigüedad de práctica.

Existen, meta-análisis que se enfocan en la relación del ejercicio físico con algunos problemas comunes de salud; Reiner, Niermann, Jekauc y Woll (2013) realizaron una búsqueda sistemática acerca de investigaciones realizadas entre 1980 y 2012 que hicieran un seguimiento de por al menos 5 años, concluyendo que existe una correlación negativa entre la práctica de ejercicio físico y la presencia de sobrepeso, enfermedades de las arterias coronarias, diabetes mellitus tipo 2 y enfermedad de Alzheimer en sus practicantes, mientras que Josefsson, Lindwall y Archer (2014) encontraron que el ejercicio físico ayuda a reducir la depresión.

Mantener actividad física a lo largo de la vida se encuentra asociado con menor incidencia y prevalencia de enfermedades crónicas como el cáncer, diabetes y enfermedades coronarias y cardiovasculares (Booth, Gordon, Carlson & Hamilton, 2000; Myers, Prakash, Froelicher, Partington & Atwood, 2002), menos síntomas de depresión, enojo y estrés que aquellos que no practican ejercicio físico (Sanna Stroth, Hille, Spitzer, & Reinhardt, 2009) y puede encontrarse relacionado con un menor riesgo de padecer demencia (Andel et al., 2008).

Existen también diversas investigaciones que evalúan el impacto que tiene el ejercicio físico de acuerdo a la edad específica en la cual se realiza. Se ha encontrado, por ejemplo, que en niños y adolescentes, 60 minutos diarios de ejercicio físico intenso o moderado generan una mejor condición física, reducen la grasa corporal, síntomas de

depresión y ansiedad y se encuentra relacionado con una mejor salud ósea (Eime et al., 2013).

Se han encontrado además, ventajas en diferentes dominios de la salud como en funcionamiento neuroinmune, recuperación de enfermedades, accidentes e incapacidades, aumento de fuerza, resistencia, angiogénesis y neurogénesis, reducción en el riesgo de padecer una enfermedad crónica, mejora de autoestima, reducción de estrés, ansiedad y depresión (Archer, 2014) y cuando se practica de manera vigorosa, a largo plazo, se ha encontrado un impacto benéfico en el cumplimiento escolar (Booth et al, 2014), aprendizaje y puntajes de inteligencia (Sibley & Etnier, 2003).

También se ha encontrado que la participación de niños y adolescentes en deportes se asocia con aspectos psicológicos como regulación emocional, satisfacción, autocontrol, autoestima, autoconocimiento y trabajo en equipo, entre otros (Eime et al., 2013) y diversas investigaciones indican que aquellos niños que participan en deportes infantiles tienden a ser más físicamente activos durante la adultez que aquellos que no lo fueron (Eime et al., 2013).

En cuanto a los adultos mayores, el ejercicio es una intervención clave para mejorar su función física, enlentecer los cambios psicológicos y resultados adversos asociados con la edad, tales como el declive cognitivo y funciona como complemento en el manejo de enfermedades crónicas, además de influenciar positivamente en la manera en la que desempeñan sus actividades de la vida diaria y mejoran su balance (Bherer, Erickson, & Liu-Ambrose, 2013; Chou, Hwang, & Wu, 2012).

Si bien existen diversas investigaciones que se han centrado en estudiar la influencia del ejercicio físico en beneficios médicos y psicológicos, en años recientes ha incrementado el interés por estudiar su relación con la cognición y el funcionamiento cerebral (Eime et al, 2013; Erickson, Hillman, & Kramer, 2015; Kramer & Erickson, 2007a), donde de manera general, diversos estudios han encontrado una reducción de padecimiento de Alzheimer y otras formas de demencia en individuos físicamente activos (Kramer & Erickson, 2007a).

El ejercicio físico tiene una influencia en procesos del sistema nervioso conllevando a cambios a partir de la experiencia. El cerebro tiene una parte que se encuentra codificada genéticamente, la cual, le proporciona una estructura base, la parte restante es producto de estimulación, experiencias e interacción con el entorno. La estimulación desarrolla determinadas estructuras, mientras que la falta de aferencia impide el desarrollo de otras (Oliviero, 1986 en Tamorri, 2004), redes neuronales, musculares y otros sistemas psicológicos se rigen bajo la ley de “úsalo o piérdelo” (Archer, 2014); dicha estimulación puede ser producto de diversos métodos, entre ellos la práctica de un ejercicio físico.

Las demandas colocadas en el sistema cardiovascular del cuerpo mientras se realiza ejercicio inducen a cambios en el cerebro que impactan en la cognición y pueden interactuar con componentes del ejercicio que dependen de procesamiento cognitivo (Best, 2010).

Se ha encontrado que intervenciones de 6 meses de caminata en adultos mayores se encuentran relacionadas con aumento en el volumen de la materia gris de la corteza temporal y frontal, y de la materia blanca en los tractos anteriores cercanos al cuerpo calloso (Colcombe et al., 2006), regiones relacionadas con funciones asociativas, memoria

y coordinación interhemisférica (Valadez & Granados, 2014), así como con mejora en el desempeño en tareas de memoria, respecto a un grupo control, hasta después de un año después de haber concluido el ejercicio (Lautenshlager et al., 2008).

Se ha encontrado también que el ejercicio físico en adultos mayores promueve la salud cognitiva (Chou et al., 2012), mejorando el desempeño en tareas duales y otros dominios tales como memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, atención, control ejecutivo y funcionamiento mental general (Penke et al., 2010; Smiley-Oyen, Lowry, Francois, Kohur & Ekkekakis, 2008).

Así mismo, después de la introducción de un programa de caminata por un periodo de 12 meses en adultos mayores, se observó un aumento en el volumen hipocampal y mejoras en el desempeño de pruebas de memoria espacial (Erickson et al., 2011)(Erickson et al., 2011). Resultados similares fueron encontrados después de la implementación de un programa de ciclismo de 3 y 5 semanas respectivamente en adultos jóvenes, donde el grupo que se ejercitó durante 5 semanas, y no así en el de 3 semanas, tuvo un mejor desempeño en un tarea de memoria, proceso que se encuentra relacionado con la función hipocampal (Griffin et al., 2011).

Por otro lado, se han realizado estudios longitudinales que se basan en el autoreporte, encontrando que el ejercicio físico realizado entre los 36 y los 43 años se asocia con una disminución en el declive de memoria (Richards, Hardy, & Wadsworth, 2003) y, a su vez, produce un mayor volumen en áreas frontales del cerebro en aquellos individuos que reportaron ejercitarse al menos dos veces por semana en comparación de

aquellos menos activos en etapas tempranas de la adultez, después de un seguimiento de 20 años (Rovio et al., 2010).

En cuanto a estudios en adultos jóvenes sanos es poca la información que se tiene al respecto, esto puede deberse a que no hay déficits cognitivos que mejorar en este tipo de población (Stroth et al., 2009).

Stroth y colaboradores (2009) realizaron un estudio para evaluar el efecto de un programa de ejercicio aeróbico en estudiantes universitarios, encontrando mejoras significativas en afecto positivo y el desempeño en memoria visoespacial, pero no en concentración y memoria verbal. Otra investigación implementó un programa de 4 meses con ejercicio aeróbico, correr a alta intensidad tres veces por semana, en adultos de 17 a 47 años encontrando mejoras en el desempeño de tareas de inhibición y memoria de trabajo (Stroth et al., 2010)

Otra variable importante a considerar, es la intensidad del ejercicio practicado. Se ha encontrado que tanto el ejercicio anaeróbico moderado como el intenso después de 6 meses traen consigo mejoras en el desempeño en tareas relacionadas con control ejecutivo, memoria y atención (Cassilhas et al., 2007); lo mismo sucede en el caso del ejercicio aeróbico y la memoria (Hötting et al., 2012).

Es importante recordar que si bien la mayoría de los estudios publicados intentan probar la hipótesis de que el ejercicio físico mejora el funcionamiento cognitivo (Hötting & Röder, 2013), al hablar de ejercicio físico no solo se habla de ejercicio aérobico o cardiovascular, sino que también se cuenta con una amplia variedad de ejercicios de coordinación, estiramiento, fuerza y resistencia dentro del ejercicio anaeróbico, ejercicios

que han sido estudiados en menor medida que los de tipo aeróbico (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Se ha encontrado, por ejemplo, que tanto caminata como ejercicios de coordinación traen consigo mejoras en el desempeño en tareas de control ejecutivo y velocidad de procesamiento después de una intervención de 12 meses y aunque no se dice cuál de los dos grupos tuvo un mejor desempeño, sí se precisa que traen consigo diferentes tipos de activación a nivel cerebral, siendo mayor en redes visoespaciales para el anaeróbico y mayor en regiones sensoriomotoras para el aeróbico (Voelcker-Rehage, Godde, & Staudinger, 2011).

Al comparar los beneficios obtenidos después de un intervención de 7 meses fue encontrado que, si bien ambos tipos de ejercicio mejoraron la memoria en sus practicantes, el ejercicio aeróbico mejoró de manera particular la memoria episódica mientras que el ejercicio anaeróbico tuvo un mayor impacto en funciones ejecutivas, más específicamente en atención (Hötting et al., 2012)

En otro programa de intervención de 12 meses en adultos mayores se combinó ejercicio aeróbico con ejercicios de flexibilidad, balance y fuerza, encontrado un efecto positivo del ejercicio físico en algunos dominios del funcionamiento cognitivo como memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva (Williamson et al., 2009), así mismo, después de 12 meses de realizar ejercicio anaeróbico se pueden observar mejoras en el funcionamiento cognitivo en áreas como inhibición (Liu-ambrose, Nagamatsu, Voss, & Khan, 2012), atención selectiva y resolución de problemas (Liu-Ambrose et al., 2015).

En intentos por sintetizar la información existente acerca de los beneficios asociados al ejercicio físico y determinar qué tipo de ejercicio físico tendrá un mayor impacto en el funcionamiento cognitivo, se han realizado diversos meta-análisis, los cuales, han concluido que aquellos programas que combinan ejercicio aeróbico con anaeróbico tendrán mayores efectos positivos que aquellos que solo implementan un tipo de ejercicio (Colcombe & Kramer, 2003; McAuley et al., 2004), lo que sugiere la importancia de ampliar investigaciones que estudien la relevancia del ejercicio anaeróbico y su implementación como programas complementarios de intervención.

A pesar de que los estudios publicados varían en duración, intensidad y tipo de ejercicio, de manera general la actividad física mejora el funcionamiento cognitivo (S. Colcombe & Kramer, 2003; Hötting & Röder, 2013; Kramer & Erickson, 2007b; van Praag, 2009) y perceptual (Kramer & Erickson, 2007b); siendo sus efectos mayores en aquellas tareas que involucran procesos de control ejecutivo como planeación, memoria de trabajo, control inhibitorio y coordinación de tareas (Best, 2010; Colcombe & Kramer, 2003; Kramer & Erickson, 2007a; McAuley et al, 2004).

Esto puede deberse a que el ejercicio físico se encuentra más estrechamente relacionado con funciones ejecutivas y procesos cognitivos de orden superior debido al requerimiento de un comportamiento dirigido a una meta y la coordinación de movimientos motores (Best, 2010).

Dado lo anterior, si bien el ejercicio físico brinda una intervención no farmacológica y no invasiva la cual si es introducida de manera proactiva, puede proveer varios elementos de prevención, teniendo una influencia positiva en dominios psicológicos, cognitivos,

emocionales y de aprendizaje (Archer, 2014; Erickson et al., 2015), los beneficios obtenidos a partir del ejercicio físico dependerán de diversas variables.

Diversos estudios experimentales se han centrado en estudiar la relación entre las condiciones de práctica, aprendizaje y desempeño en el deporte mediante el uso de tareas en las que los cambios en el desempeño son registrados a lo largo de un número relativamente pequeño de ensayos empleando individuos novicios, este tipo de aproximaciones han probado la importancia de la variabilidad, distribución, segmentación y fragmentación de la práctica y la interferencia contextual y transferencia en el proceso de aprendizaje de nuevas habilidades, la relación entre la cantidad de práctica y el desempeño (Baker & Abernethy, 2007), así como el tipo de ejercicio físico que se realiza.

Es importante considerar que a pesar de que el ejercicio parece tener un fuerte impacto en la mejora de funciones ejecutivas (Kramer & Erickson, 2007a; McAuley et al, 2004), no todas las formas de ejercicio impactarán de igual manera en ellas; el grado en el que un ejercicio requiere de cognición y movimientos más complejos, controlados y adaptativos determinará su impacto en las funciones ejecutivas.

Aquellos ejercicios que tengan una mayor demanda cognitiva, por ejemplo ejercicios complejos de coordinación, tendrán un mayor efecto que aquellos que no lo tienen puesto que dependerán de circuitos frontales más complejos (Best, 2010). Cambios inducidos por ejercicios de coordinación se encuentran relacionados con cambios en el procesamiento de información y tareas cognitivas que demandan además de atención, la habilidad para manipular información visual y espacial, a diferencia de lo que ocurre en movimientos automáticos usados en el ejercicio aeróbico, como caminar o pedalear, donde

los procesos cognitivos y perceptuales son menos relevantes y altamente automáticos (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Dado lo anterior, resulta interesante también explorar los beneficios cognitivos obtenidos a partir de ejercicios físicos novedosos, como es el caso del malabarismo; ejercicio que cuenta con cuatro grandes ventajas: 1) puede ser aprendido a lo largo de todo el ciclo de vida en periodos cortos de tiempo, 2) no necesita de previa experiencia para completar el ejercicio, 3) no depende de habilidades físicas como resistencia o flexibilidad y 4) es altamente motivante (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006).

Capítulo 3

Malabarismo

El malabarismo ha sido reconocido a través de los años como parte de las disciplinas que integran las artes circenses. La característica que lo define es la manipulación de objetos con diferentes partes del cuerpo, por lo que pueden ser distinguidas diversas modalidades y disciplinas, sin embargo, el malabarismo en cascada de pelotas representa su forma más habitual y la más empleada en investigación.

El primer registro de malabarismo data al año 1781 a.C., cuando la tumba de un príncipe egipcio fue adornada con la imagen de cuatro mujeres realizando malabares (Beek & Lewbel, 1995), posteriormente, se desarrolló de manera independiente en diversos países como India y Grecia y ganó mayor popularidad en tiempos medievales donde era común verlo combinado con magia y comedia en representaciones que tenían lugar diariamente (Shannon, 1993).

En la actualidad, el malabarismo ha ido ganando mayor popularidad gracias a medios como las redes sociales que facilitan su divulgación e incluso aprendizaje, además, se trata de un actividad lúdica y de fácil accesibilidad puesto que no requiere de espacios especializados para su práctica y los materiales necesarios para su aprendizaje pueden ser improvisados en caso de no contar con las tradicionales pelotas, empleando bufandas, trozos de tela en forma de pelota o cualquier otro objeto con forma esférica, cumpliendo la única regla de tener el mismo peso para todos los objetos a ser malabareados.

Para 1947 es fundada la *International Jugglers' Association* (IJA), asociación internacional que se encarga de contener el mundo del malabarismo brindándole propiedades deportivas y competitivas, mediante la programación de convenciones anuales, festivales y competencias regionales; además, se encarga de administrar contenidos en la plataforma virtual e-juggle, la cual tiene como finalidad reunir y difundir noticias, artículos y demás material acerca de malabarismo (International Jugglers' Association, 2017).

Las convenciones y festivales organizados por la IJA, brindan la oportunidad de, no solo presentar rutinas de malabarismo con fines artísticos, sino también de competir de forma tanto individual como por equipos en diversas disciplinas.

Este propósito de competencia es una de las características básicas del deporte, y sumado a que existe una asociación que lo avala, cuenta con una serie de reglas establecidas, requiere de entrenamiento y práctica para su correcto desempeño y tiene finalidades recreativas y en ocasiones, educativas.

Podría ser dicho que el malabarismo cuenta con algunos de los elementos necesarios para intentar incluirse como deporte, sin embargo, y dado que no ha sido reconocido como tal, es apropiado reconocer al malabarismo en la categoría de ejercicio físico, esto puesto que requiere de actividad física planeada, estructurada y repetitiva para ser llevado cabo, basándose de movimientos musculares y articulares y cuya práctica puede traer consigo beneficios a la salud.

Más específicamente puede ser considerado como un ejercicio de tipo anaeróbico ya que involucra actividades de corta duración y episódicas de intensidad variables (Cashmore, 2008).

Definición y componentes

Si bien, se tiene una idea general de lo que es el malabarismo, Hashizume & Matsuo (2004) se encargan de identificar los elementos y movimientos que tienen lugar durante la ejecución del malabarismo en cascada de tres pelotas, definiéndolo como:

Una actividad cíclica y compleja en la cual los malabaristas mueven sus manos alrededor de dos trayectorias más o menos elípticas, una en sentido a las manecillas del reloj y la otra en sentido contrario, una pelota es lanzada en el punto medio de la elipse y atrapada en el exterior de la misma. La pelota es lanzada a la mano contraria trazando una parábola. Como resultado, la pelota viaja a través de un patrón que forma una figura en forma de ocho (girada 90°) la cual es la característica de la cascada (figura 1).

Una de las ventajas del malabarismo en cascada de tres pelotas es que a menudo solo se requiere de algunas horas de práctica para comprender su base (Beek & Lewbel, 1995), la cual se encuentra fundamentalmente constituida por relaciones espacio-temporales visibles en su ejecución (Haibach, Daniels, & Newell, 2004).

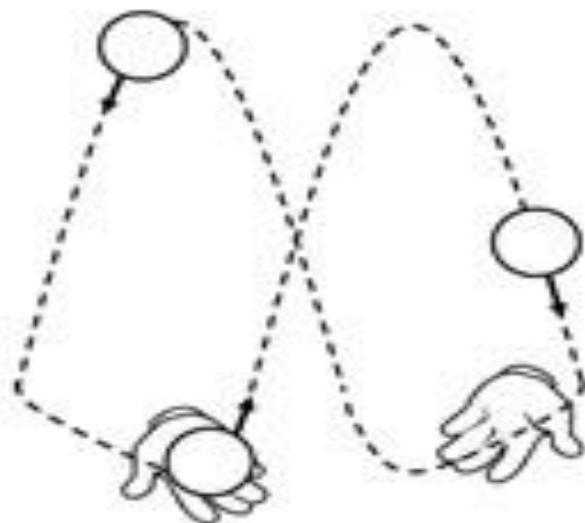


Figura 1. Patrón formado por la manipulación de pelotas en cascada de tres pelotas.

Por otro lado, es una actividad que puede ser practicada y aprendida en diferentes etapas de la vida, donde de un rango de edad de 5 a 80 años, solo aquellos entre 15 y 29 tendrán un mejor desempeño que todos los demás rangos de edad (figura 2) (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006).

A pesar de que el movimiento necesario para la producción del patrón que lo caracteriza es de carácter repetitivo al lanzar y cachar alternadamente las pelotas, existe un proceso de aceleración y desaceleración resultando en una secuencia compleja de sincronización de los movimientos de las manos (Haibach et al., 2004) por lo que el malabarismo no es solo un ejercicio de coordinación repetitiva, sino que requiere de diversos procesos para ser llevado a cabo de manera adecuada.

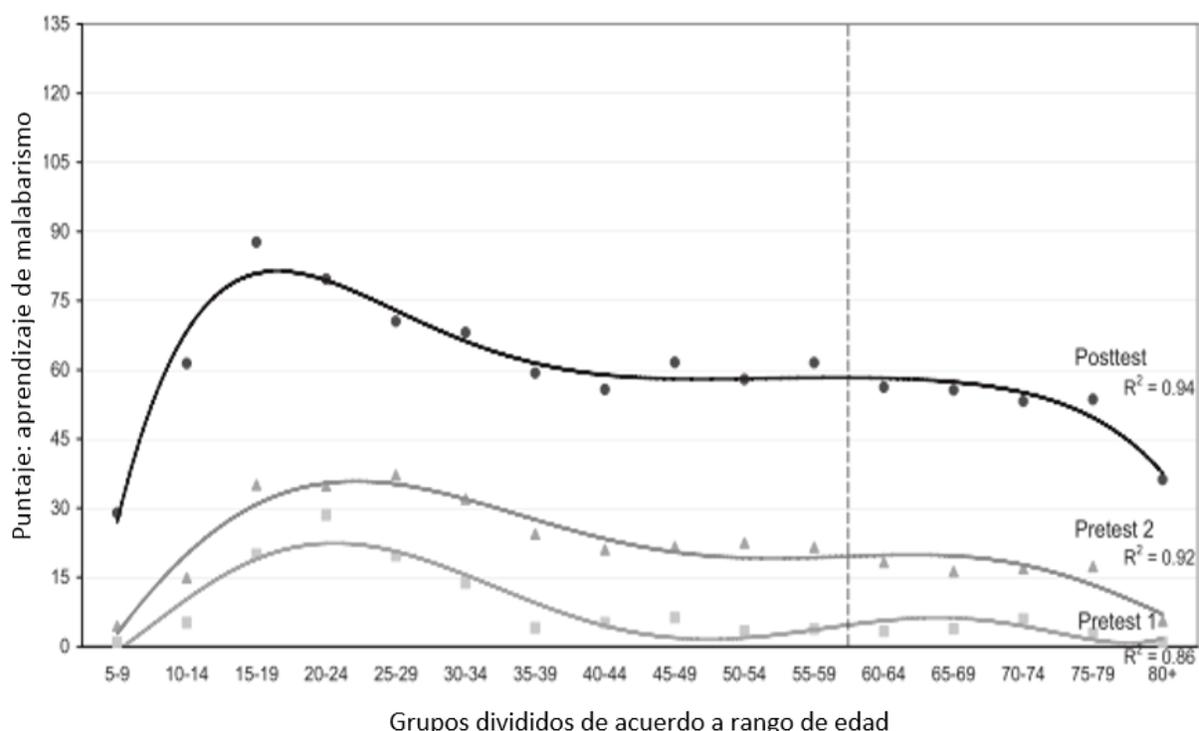


Figura 2. Desempeño en malabarismo a lo largo de diferentes rangos de edad. Mostrando desempeño antes de enseñanza (Pretest 1), después de instrucciones semánticas (Pretest 2) y desempeño después de seis meses de práctica (Posttest) (Modificado de Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006).

Involucra el entrenamiento de diferentes habilidades y aspectos específicos para lograr una correcta manipulación de los objetos y depende de la capacidad para ajustar movimientos corporales de manera intencional y flexible de acuerdo a la meta y los efectos estimados de cada movimiento (Wolfensteller, 2009) por lo que se basa de habilidades visomotoras complejas y requiere de todo el cuerpo, aunque principalmente se basa en brazos y manos, para su ejecución (Sampaio-Baptista et al., 2014).

Consta de un comportamiento de búsqueda visual y coordinación sensoriomotora, puesto que requiere seguir tanto de manera consciente como de manera inconsciente, más objetos que manos disponibles para su manipulación (Dessing, Rey, & Beek, 2012; Raoul Huys, Daffertshofer, & Beek, 2004b), por lo que la distribución de la atención visual y recolección de información a través de los objetos malabareados resultan claves para la planeación de los movimientos a ejecutar (Dessing et al., 2012).

Además, al tratarse de una tarea motora bimanual, requiere de la activación de sistemas como el sensoriomotor, y fuentes aferentes de información como la visión, información muscular, sensación cinemática, sensación táctil, etc., (Tsukazaki, Uehara, Morishita, Ninomiya, & Funase, 2012).

Depende también de componentes temporales y de anticipación, puesto que sus practicantes dependen de un estado de estimación para coordinar la secuencia de movimientos y ejecutarlos de manera continua evitando que las pelotas se superpongan, lo que se basa en estimaciones absolutas de sus tiempos de trayectoria, los cuales dependen a su vez de la fuerza y altura con la que son lanzadas (Wolfensteller, 2009), este proceso de anticipación para las acciones motoras siguientes depende también de factores

visoespaciales lo que convierte el malabarismo en una tarea compleja (Draganski & May, 2008).

En resumen, el malabarismo es una actividad percepto-motora compleja que depende de la contribución de diversos subsistemas como el visual, propioceptivo, háptico e incluso el respiratorio (Mapelli et al., 2012) y que requiere además, tanto de pensamiento como de acción para ser llevado a cabo, dependiendo de una serie de procesos interdependientes que se encuentran interconectados en estructuras cerebrales (Wolfensteller, 2009). Depende de diversas propiedades complejas y, a su vez, es un ejercicio físico tan simple que puede ser moldeado (Beek & Lewbel, 1995) por lo que resulta óptimo para realizar investigaciones en torno a su práctica y la influencia que tiene sobre de sus practicantes.

Investigación acerca del malabarismo

La complejidad de los elementos que componen del malabarismo y el atractivo de esta actividad, le han permitido ser objeto de estudio desde diversos enfoques.

La primera vez que un artículo de investigación emplea el malabarismo como método experimental fue en 1903 en el *Journal of American Psychology*, donde Edgar James evalúa el rango de aprendizaje de malabarismo de dos pelotas en una mano en estudiantes universitarios (Beek & Lewbel, 1995).

El estudio del proceso de aprendizaje de malabarismo ha continuado desde entonces; tomando en cuenta factores como la trayectoria de la pelota, la respiración y el balanceo del cuerpo del participante (Huys, Daffertshofer, & Beek, 2003), los movimientos

de cabeza y ojos efectuados (Huys, Daffertshofer, & Beek, 2004a), la forma de enseñanza (Zentgraf & Munzert, 2009), y la coordinación entre la trayectoria de la pelota y el punto de cache (Huys & Beek, 2002) entre otros.

Dado que el malabarismo es un ejercicio que requiere de una coordinación motora precisa para ejecutar adecuadamente el patrón de cascada, estas investigaciones han brindado información importante acerca de qué factores influyen en su aprendizaje y cuál es la manera más óptima de aprenderla; encontrando, por ejemplo, que la observación de la actividad tiene mayor importancia que las instrucciones para llevarla a cabo, que la forma más óptima para guiar su aprendizaje es prestando atención a la postura y movimiento corporal sin prestar tanta atención a la exactitud de la trayectoria de las pelotas (Zentgraf & Munzert, 2009) y que existe una influencia de factores espacio-temporales en la evolución del aprendizaje del malabarismo, donde a mayor número de objetos implicados en la cascada, mayor será la dificultad temporal y espacial en el desempeño (Beek, 1989, 1992).

Una ventaja metodológica que distingue al malabarismo es que sus componentes espacio-temporales son tan marcados que es posible capturarlos matemáticamente (Beek & Turvey, 1992) gracias a lo que surge la ecuación de Shannon, herramienta clave en el estudio matemático del malabarismo que formaliza los componentes temporales del malabarismo mediante formulaciones matemáticas, relacionando las cinco variables fundamentales en su ejecución: número de pelotas, número de manos, tiempo que la pelota permanece en la mano, tiempo que la mano está vacía y tiempo que la pelota está en el aire (Beek & Turvey, 1992; Dessing, Daffertshofer, Peper, & Beek, 2010; Huys et al., 2004b).

Este enfoque matemático ha sido clave en el estudio de los componentes espaciales y temporales del malabarismo (Beek, 1992; Beek & Van Santvoord, 1992; Hashizume & Matsuo, 2004; Post, Daffertshofer, & Beek, 2000; Van Santvoord & Beek, 1996), encontrando que estas dos variables se encuentran tan estrechamente relacionadas que la manipulación en una de ellas afectará también a la otra

Por otro lado, se ha estudiado la variabilidad de sus componentes durante su ejecución, encontrando que la estabilidad del patrón de cascada disminuye al aumentar su frecuencia, la cual es definida por la altura a la que son lanzadas las pelotas (Dessing et al., 2010) y que recoger información visual durante periodos breves de tiempo es suficiente para ejecutar la tarea adecuadamente (Van Santvoord & Beek, 1994).

También hay investigaciones que evalúan los efectos de la experticia en las variaciones motoras durante su ejecución; en éstas se ha descrito que existe una menor variabilidad en la postura (Leroy, Thouvarecq, & Gautier, 2008) y en el movimiento de las manos conforme aumenta la dificultad incrementando el número de pelotas en aquellos malabaristas que son expertos contra aquellos que no lo son (Mapelli et al., 2012) y que existe una mayor integración entre la postura, el control manual y el desempeño en malabaristas expertos (Rodrigues et al., 2016) lo que sugiere que la estabilidad motora es un componente clave para su ejecución.

Además, se han estudiado diferencias en componentes relacionados con la ejecución entre malabaristas novatos y expertos, encontrando diferentes estrategias visoespaciales donde los malabaristas novatos prestan atención a las pelotas cuando se encuentran en el punto máximo de la cascada, mientras que los malabaristas expertos fijan la vista en el

punto central del patrón, lo que sugiere que estrategias visomotoras más simples conllevan a desempeños más adecuados, es decir, una vista más estable mejora la planeación de movimiento debido a la codificación de la información y mecanismos espaciales (Dessing et al., 2012).

Desde otra disciplina, se ha estudiado la amplitud de los potenciales motores evocados mediante estimulación magnética transcraneal en malabaristas novatos y expertos a partir de la imaginación de movimiento, encontrando que la observación combinada con la imaginación del movimiento de cascada de tres pelotas, compromete efectivamente la excitabilidad cortical en novatos, mientras que en los expertos la excitabilidad cortical se encuentra en función de la propia imaginación del movimiento y no de la observación de la tarea, esto debido a que ya ha sido internalizada (Tsukazaki et al., 2012).

Aunque son pocos estudios, en los últimos años se han realizado diversas investigaciones con el objetivo de evaluar el impacto de la práctica de malabarismo en el sistema nervioso. En la literatura solo fueron encontrados siete artículos de los cuales cinco se encargan de estudiar los cambios estructurales y dos el funcionamiento neuropsicológico.

Draganski y sus colaboradores (2004) son los primeros en reportar cambios estructurales a partir de la práctica de malabarismo para lo que implementan un programa de 3 meses de entrenamiento en adultos jóvenes, realizando tres resonancias magnéticas: la primera antes del entrenamiento, la segunda después de los tres meses de entrenamiento y la última después de tres meses sin entrenamiento de malabarismo.

Al compararlas con las del grupo control fueron encontradas diferencias significativas, habiendo un aumento de materia gris de manera bilateral en el área temporomedial de la corteza visual hMT/V5 y en el surco intraparietal izquierdo en el grupo de malabaristas al momento del segundo scan, cambios que disminuyeron al momento del último scan.

Otra investigación se centra en estudiar a partir de qué momento se pueden encontrar cambios estructurales, encontrando cambios en el área hMT/V5 con tan solo 7 días de entrenamiento, así como aumentos en el volumen de materia gris en lóbulo parietal inferior, giro frontal superior, giro temporal medial y corteza cingulada después de un mes, existiendo una regresión de estos cambios al detener la práctica de malabarismo (Driemeyer et al., 2008).

También se ha estudiado la influencia del malabarismo en el proceso de plasticidad cerebral en adultos mayores, reportando cambios en hMT/V5, corteza frontal, corteza cingulada, hipocampo y giro precentral después de 3 meses de entrenamiento de malabarismo, cambios que disminuyen después de tres meses sin entrenamiento, sin llegar a un estado menor que aquel reportado en la línea base (Boyke, Driemeyer, Gaser, Büchel, & May, 2008).

Más adelante, se estudian los cambios en materia blanca partir de un programa de entrenamiento de seis semanas, encontrando tanto cambios en la anisotropía factorial de la materia blanca subyacente al surco intraparietal, lo que se expresa como mejora conductual debido a la alteración de la velocidad de conducción y sincronización de señales nerviosas,

como aumento de materia gris de corteza parietal y corteza medial (Sholz, Klein, Behrens, & Johansen-Berg, 2009b).

Por último, también se ha encontrado que aunque la intensidad de entrenamiento no defina el rango de aprendizaje, se presentará un aumento en el área hMT/V5, corteza parietal e ínsula en practicantes de malabarismo después de 6 semanas. (Sampaio-Baptista et al., 2014) y que el volumen de materia gris en áreas visuales y cíngulo posterior derecho podría verse relacionado con la capacidad de aprendizaje de malabarismo (Sampaio-Baptista et al., 2014).

Todas estas investigaciones encontraron cambios estructurales en regiones similares a partir del entrenamiento de malabarismo, las cuales se encuentran relacionadas con procesamiento visual y espacial, memoria, aprendizaje, tiempo de reacción, percepción, planeación y ejecución de movimiento (Boyke et al., 2008; Dessing et al., 2012; Draganski & May, 2008; Driemeyer et al., 2008; Sholz, Klein, Behrens, & Johansen-Berg, 2009a).

Por otro lado, en cuanto a los cambios funcionales a partir del malabarismo se ha encontrado que su práctica influye en la mejora de velocidad de procesamiento en tareas de rotación mental tanto en niños (Jansen, Lange, & Heil, 2011) como en adultos (Jansen, Titze, & Heil, 2009) después de tres meses de entrenamiento.

Puesto que los hallazgos en investigaciones que estudian los cambios neuropsicológicos a partir de entrenamiento de malabarismo (Jansen et al., 2009, 2011) se correlacionan con aquellos cambios estructurales encontrados (Boyke et al., 2008; Draganski et al., 2004; Sholz et al., 2009a), se plantea que tanto los cambios conductuales como las diferencias en la morfología cerebral son observados en función de la condición

física de los participantes, lo que permite inferir que las mejoras en el funcionamiento conductual son resultado de protocolos de ejercicio físico y se manifiestan a niveles biológicos relativamente bajos (McAuley et al., 2004).

El malabarismo depende también de procesos cognitivos que se encuentran estrechamente relacionados con el proceso de aprendizaje como lo son la atención y la memoria. Puede verse relacionado además con procesos como planificación y control inhibitorio necesarios durante la ejecución del patrón que lo caracteriza y tener un efecto en la flexibilidad cognitiva y la toma de decisiones después de su práctica constante.

Dado lo anterior, y debido a que diversos estudios sugieren que los efectos del entrenamiento físico en el proceso de plasticidad cerebral pueden ser observados tanto a nivel estructural como a nivel funcional (McAuley et al., 2004), resulta interesante hondar en las diferencias en el desempeño neuropsicológico a partir del entrenamiento de malabarismo, tomando en cuenta no solo los componentes espacio-temporales que lo caracterizan sino también, otros procesos cognitivos que pudieran verse influenciados al tratarse de un ejercicio físico.

Método

Justificación

El tener conocimiento acerca de la influencia que tienen diversas actividades en el ser humano, ya sea a nivel emocional o cognitivo, permite la implementación de programas preventivos y de rehabilitación, seleccionando el tipo de actividad de acuerdo a la población y finalidad de dichos programas.

Cada vez es mayor la evidencia a favor de los cambios cerebrales tanto estructurales como funcionales a partir del entrenamiento físico. Factores como el tipo de entrenamiento influyen directamente en los beneficios neuropsicológicos obtenidos por lo que resulta importante profundizar en los efectos de diversos ejercicios físicos en el ser humano.

El malabarismo puede ser considerado como un entrenamiento físico que cuenta además con un carácter lúdico, lo que lo convierte en una actividad que invita a su práctica, requiere de materiales de bajo costo y es de fácil enseñanza a poblaciones en diferentes rangos de edad.

En la actualidad, existe información acerca de los cambios estructurales obtenidos a partir de su práctica y se ha explorado su influencia en procesos visoespaciales, sin embargo, estos estudios son muy pocos por lo que es necesario realizar más investigación que ayude a aumentar la información existente acerca de los cambios reportados en el funcionamiento y estructura cerebral en los malabaristas.

Pregunta de investigación

¿Existen diferencias en los resultados de una serie de pruebas que evalúan atención, memoria, planificación, inhibición, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones y habilidades visoespaciales entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas?

Objetivo

Identificar las diferencias en procesos neuropsicológicos entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas.

Hipótesis

H1. Existen diferencias en el desempeño en pruebas que evalúan atención, memoria, planificación, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones y habilidades visoespaciales entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas.

H0. No existen diferencias en el desempeño en pruebas que evalúan atención, memoria, planificación, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones y habilidades visoespaciales entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas.

Diseño y tipo de estudio

Se realizó un diseño no experimental, ya que no se tuvo un control directo sobre la variable independiente y no hubo una asignación aleatoria de los participantes, esto debido a que el nivel de la experiencia en la práctica de malabarismo es una manifestación que ya

había ocurrido en cada participante antes de la evaluación y no fue manipulada por el investigador (Kerlinger, 2002).

Es además, un estudio comparativo, ya que existen tres poblaciones y una serie de variables que desean ser comparadas para contrastar con una hipótesis central (Kerlinger, 2002), ex postfacto, dado que la práctica de malabarismo es una variable preexistente y no manipulada y la división de los participantes se hizo con base en la diferencia de la experiencia de dicha práctica (Coolican, 2005), y transversal, puesto que los datos obtenidos fueron recolectados en un tiempo único (Kerlinger, 2002).

Esta investigación tiene solo un alcance descriptivo puesto que pretende especificar y comparar el perfil de desempeño de malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas en una serie de pruebas, sin llegar a medir el grado de asociación que existe entre la experiencia en la práctica de malabarismo y el resultado obtenido en cada prueba (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Dado que es un estudio cuya finalidad fue evaluar las características de una población específica se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para seleccionar a los participantes, esto puesto que se empleó un juicio intencional para elegir una muestra que se ajustara a las características definidas de acuerdo a los fines de la investigación.

Variables

Variables independientes.

- Experiencia en la práctica de malabarismo: Habilidad para mantener el patrón de cascada con 3 y 5 pelotas. De acuerdo a la experiencia en esta actividad los participantes fueron divididos en:
 - No malabaristas: participantes sin experiencia en malabarismo.
 - Malabaristas novatos: malabaristas con habilidad para malabarear 3 pelotas por un mínimo de 30 tiros y que no son capaces de mantener 5 pelotas por al menos 50 tiros.
 - Malabaristas expertos: malabaristas con habilidad para malabarear 5 pelotas por un mínimo de 50 tiros.

Variables dependientes.

- Puntuaciones obtenidas en las pruebas neuropsicológicas que evalúan:
 - Atención: proceso que se encarga de realizar la selección de la información que ha entrado al sistema nervioso para su procesamiento adicional, permitiendo al individuo responder a un evento logrando un cambio en su ambiente (Anderson, 2008). Este proceso fue evaluado mediante los puntajes obtenidos en retención de dígitos, sucesión de números y letras (Wechsler, 2001) y Cubos de Corsi (Corsi, 1972).
 - Memoria: se refiere a la serie de procesos involucrados en la adquisición de información y su subsecuente recuerdo (Louse, 2011). Fue evaluada mediante los puntajes obtenidos en retención de dígitos, sucesión de

números y letras (Wechsler, 2001), Cubos de Corsi (Corsi, 1972) y Figura Compleja de Rey (Rey, 1994).

- Planificación: Es la capacidad para identificar la serie de pasos necesarios para completar una meta o resolver un problema, mediante la habilidad de percibir acciones futuras y sus efectos (Friedman & Scholnick, 2014). Fue evaluada mediante los puntajes obtenidos en Torre de Londres (Culberstone & Zillmer, 2005).
- Control Inhibitorio: Permite anular una parte o la totalidad de otros procesos mentales (Macleod, 2007) para regular y controlar las tendencias a generar respuestas impulsivas originadas en otras estructuras cerebrales (Flores, Ostrosky & Lozano, 2012). Este proceso fue evaluado mediante los puntajes obtenidos en Test Stroop (Golden, 2010) y Test de los 5 Dígitos (Sedó, 2007).
- Flexibilidad cognitiva: Se trata de la capacidad para adaptar respuestas a nuevas contingencias o estímulos generando nuevos patrones de conducta, al mismo tiempo que se inhiben aquellas respuestas que resultan inadecuadas (Portellano & García, 2014). Evaluada mediante los puntajes obtenidos en Test de los 5 Dígitos (Sedó, 2007) y Clasificación de Cartas (Flores et al., 2012).
- Toma de decisiones: Constituye parte del funcionamiento ejecutivo e implica la selección de la opción más óptima de entre dos o más alternativas mediante la evaluación de los pros y contras (Portellano & García, 2014) y la relación costo-beneficio de cada opción (Bechara, 2000). Evaluado mediante Juego de Cartas (Flores et al., 2012).

- Habilidades visoespaciales: son aquellas necesarias para el procesamiento espacial el cual permite percibir e integrar información perteneciente a un lugar determinado en el espacio (Ruocco & Irani, 2011). Evaluadas mediante los puntajes en Cubos de Corsi (Corsi, 1972) y Figura Compleja de Rey (Rey, 1994).

Participantes

Se evaluaron un total de 38 hombres de entre 18 y 25 años, cuya participación fue voluntaria. Siguiendo criterios marcados en investigaciones previas (Raoul Huys & Beek, 2002; Leroy et al., 2008; Van Santvoord & Beek, 1996), cada participante fue asignado a un grupo de acuerdo a su nivel de experiencia en malabarismo:

- No malabaristas: Conformado por trece estudiantes de Arquitectura, Derecho, Gastronomía, Psicología, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería Civil, Ingeniería Petrolera y Producción de Música Electrónica, que nunca tuvieron ningún acercamiento a la práctica de malabarismo, es decir, que nunca entrenaron esta actividad.
- Malabaristas Novatos: conformado por trece participantes con una habilidad para malabarear tres pelotas en cascada por un mínimo de treinta tiros.
- Malabaristas Expertos: conformado por doce participantes con una habilidad para malabarear un mínimo de cinco pelotas en cascada, por no menos de cincuenta tiros.

Todos los participantes de ambos grupos de malabaristas fueron estudiantes de la *Licenciatura en Artes Escénicas y Circenses Contemporáneas* de la Universidad

Mesoamericana Campus Puebla Sur, Universidad que permitió y fomentó la participación de sus alumnos en este proyecto.

Criterios de inclusión.

- Hombres.
- Edades de 18 a 25 años.
- Vista normal.
- Hispanohablantes.
- Para ambos grupos de malabaristas:
 - Grupo novatos: practicantes de malabarismo por un período mínimo de dos meses y un máximo de dos años.
 - Grupo experto: practicantes de malabarismo por un período mínimo de dos años.

Criterios de exclusión.

- Antecedentes de enfermedades neurológicas.
- Antecedentes de enfermedades psiquiátricas.
- Practicar con regularidad algún deporte o ejercicio físico.
- Jugar videojuegos de manera constante.
- Para el grupo de no malabaristas: haber tenido algún acercamiento a la práctica de malabarismo.

La muestra utilizada estuvo conformada únicamente por varones dado que diversos estudios sugieren que los hombres tienden a tener un mejor desempeño en tareas

visoespaciales que las mujeres (Andreano, & Cahill, 2009; Lawton, & Hatcher, 2005; Singh, & Mishra, 2004; Iachini, Ruggiero, Ruotolo, & Pizza, 2008).

Se estableció que ninguno de los participantes practicara con regularidad algún deporte o ejercicio físico siguiendo los fundamentos teóricos postulados en este trabajo acerca de su influencia en el sistema nervioso.

Por último, se consideró el jugar videojuegos de manera constante como un criterio de exclusión debido a que esta actividad también ha sido identificada como un factor que mejora el desempeño en tareas perceptuales, atencionales, (Hubert-Wallander, Green, & Bavelier, 2011) de memoria, toma de decisiones y velocidad de procesamiento (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008).

Instrumentos

Las respuestas psicológicas al ejercicio físico tienen un impacto en el funcionamiento cognitivo, el cual solo puede ser evaluado mediante pruebas y test que evalúan el desempeño cognitivo convirtiendo dichas respuestas psicológicas en medidas conductuales (Chang, Labban, Gapin, & Etnier, 2012), por lo que fueron seleccionadas las siguientes pruebas comúnmente usadas en psicología del deporte (Webbe, 2008, p.782):

- **Subpruebas del WAIS-III: Retención de dígitos y Sucesión de números y letras.**
Evalúan atención, memoria auditiva inmediata y memoria de trabajo (Wechsler, 2001), mediante puntuación orden directo, dígitos orden directo, puntuación orden inverso, dígitos orden inverso y puntuación total para Retención de Dígitos y elementos totales y puntuación total para Sucesión de números y letras.

- **Cubos de Corsi.** Esta tarea permite evaluar memoria de trabajo y atención en relación con procesos visoespaciales (Corsi, 1972), mediante la calificación de elementos orden directo, puntuación orden directo, elementos orden inverso y puntuación orden inverso.
- **Figura Compleja de Rey.** Prueba que evalúa atención y memoria visoespacial (Rey, 1994), mediante la calificación de tiempo de copia, puntuación directa copia, tiempo de recuerdo y puntuación directa recuerdo.
- **Test Stroop.** Este test permite evaluar control inhibitorio (Golden, 2010) mediante la calificación de puntuación directa palabra, errores palabra, puntuación directa color, errores color, puntuación directa palabra-color, errores palabra-color e interferencia.
- **Test de los 5 dígitos (Sedó, 2007).** Test que permite evaluar la velocidad de procesamiento, la fluidez verbal, la atención sostenida y la alternancia entre procesos mentales, así como control inhibitorio y flexibilidad mental (Sedó, 2007) mediante la calificación de tiempo total lectura, errores totales lectura, tiempo total conteo, errores totales conteo, tiempo total elección, errores totales elección, tiempo total alternancia y errores totales alternancia.
- **Torre de Londres.** Prueba que evalúa el proceso de planificación. (Culberstone & Zillmer, 2005) mediante la calificación de puntuación natural correctas, puntuación natural total de movimientos, tiempo de inicio, tiempo de ejecución, tiempo total, violaciones de tiempo y total de errores.
- **Subpruebas BANFE: Juego de Cartas y Clasificación de cartas:** Las cuales permiten evaluar el proceso de toma de decisiones y flexibilidad cognitiva (Flores et

al., 2012) mediante la calificación de total de cartas, total de cartas de riesgo, porcentaje de cartas de riesgo y puntuación para Juego de cartas y aciertos, total de errores, perseveraciones, perseveraciones de criterio y errores de mantenimiento para Clasificación de cartas.

Procedimiento

Para la selección de los participantes del grupo de malabaristas expertos y malabaristas novatos se estableció contacto con los directivos de la Licenciatura en Artes Escénicas y Circenses Contemporáneas de la Universidad Mesoamericana Campus Puebla Sur informándoles acerca de esta investigación y sus objetivos, quienes informaron a sus alumnos y fomentaron la participación, sugiriendo quiénes podrían participar de acuerdo a los criterios establecidos.

Se realizó un cuestionario a los alumnos sugeridos para obtener datos acerca de la edad, lugar de nacimiento y antecedentes médicos y escolares, así mismo, se les preguntó acerca de las razones que los llevaron a estudiar dicha licenciatura, cómo fue su aprendizaje de la técnica de malabarismo, antigüedad de práctica, hábitos de entrenamiento, días y horas por semana y nivel de experiencia, hábitos de entrenamiento físico y juego de videojuegos.

Posteriormente se comprobó el nivel de experiencia de cada participante con lo que fueron asignados al grupo de malabaristas expertos o al grupo de malabaristas novatos de acuerdo a cada caso. Por último, se realizó la aplicación de las pruebas neuropsicológicas seleccionadas, cuya aplicación fue hecha en las instalaciones de la Universidad Mesoamericana de Puebla, Campus Sur.

Por otro lado, para el grupo de no malabaristas, una vez definido el número de participantes necesarios de acuerdo al número de malabaristas en cada grupo, se reclutaron alumnos de diversas licenciaturas a quienes se les aplicó un cuestionario para obtener información acerca de la edad, lugar de nacimiento, antecedentes médicos y escolares, licenciatura estudiada, promedio, si es que en algún momento habían practicado malabarismo, hábitos de entrenamiento físico y juego de videojuegos.

Posterior a este cuestionario se descartaron a aquellos participantes que hubiesen practicado malabarismo en algún momento y al igual que en los grupos de malabaristas, se mantuvieron solo a aquellos cuyo nivel de actividad física y juego de videojuegos fuera nulo o poco.

Para todos los participantes las pruebas fueron aplicadas de forma individual en una sola sesión con una duración aproximada de dos horas con el siguiente orden de aplicación: retención de dígitos, sucesión de números y letras, cubos de corsi, copia de figura compleja de Rey, test stroop, recuerdo de figura compleja de Rey, test de los 5 dígitos, torre de Londres, juego de cartas y clasificación de cartas

Todas las evaluaciones se realizaron en un espacio cerrado sin la presencia de estímulos que pudieran ser distractores; así mismo, la participación de todos fue voluntaria y les fue informado el uso que tendrían los resultados obtenidos en las pruebas, manteniendo la confidencialidad de su información personal.

Análisis estadístico

Para todas las pruebas fueron tomadas en cuenta las puntuaciones directas ya que no agrupan un rango de puntajes dentro de un solo valor como es el caso con las puntuaciones percentiles, lo que permite hacer un análisis más detallado de los resultados obtenidos para cada grupo propuesto.

Todo el análisis estadístico fue realizado con la versión 20 del Paquete Estadístico para Ciencias Sociales, SPSS por sus siglas en inglés (IBM, 2011).

Para determinar la distribución de los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, encontrando que las variables no se distribuyeron normalmente.

Dado lo anterior, y sumado a que el número de participantes evaluados en cada grupo es pequeño ($x=12.6$, $d.e.=.4$), se optó por realizar una análisis estadístico no paramétrico (Hernández, Fernández & Baptista, 2014; Kerlinger, 2002) por lo que se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas en los resultados obtenidos entre los tres grupos evaluados, seguido de un análisis Post Hoc U de Mann Whitney por pares de grupos para identificar entre cuales fueron dichas diferencias.

Resultados

Características demográficas y entrenamiento de malabarismo

Al realizar el análisis de las características demográficas de los grupos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los años de escolaridad entre ninguno de los grupos, sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($z = -2.454$, $p < 0.05$) en la edad entre el grupo de no malabaristas y el grupo de malabaristas expertos, siendo este último el grupo con mayor edad (véase Tabla 1).

En cuanto al análisis del régimen de entrenamiento de malabarismo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de malabaristas expertos y malabaristas novatos con el grupo de no malabaristas para todas las variables.

Por otro lado, se encontraron diferencias en número de pelotas ($z = -3.601$, $p < 0.05$) y tiros dominados ($z = -2.240$, $p < 0.05$), antigüedad de entrenamiento ($z = -3.505$, $p < 0.05$), días de entrenamiento por semana ($z = -3.035$, $p < 0.05$) y horas totales de entrenamiento por semana ($z = -3.189$, $p < 0.05$) pero no así en horas de entrenamiento por día, entre el grupo de malabaristas expertos y el grupo de malabaristas novatos (véase Tabla 2).

Tabla 1
Características demográficas

	No malabaristas C n=13		Novatos N n=13		Expertos E n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>		Diferencias (U de Mann-Whitney)		
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P	Dif.	Z	P
*Edad	20.92	2.49	21	1.47	22.75	1.71	6.03	.049	E-C	-2.45	.014
Escolaridad (años)	13.13	.90	12.05	1.29	14.06	.91	4.67	.096			

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre las características demográficas de los grupos evaluados.

Tabla 2
Entrenamiento de malabarismo

	No malabaristas C n=13		Novatos N n=13		Expertos E n= 12		Kruskall-Wallis		Diferencias (U de Mann-Whitney)		
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P	Dif.	Z	P
*Pelotas	0	.000	4	.81	5.42	.66	32.41	.000	N-C	-4.668	.000
									E-C	-4.668	.000
									E-N	-3.601	.000
*Tiros	0	.000	24.62	10.30	43.33	24.15	28.53	.000	N-C	-4.646	.000
									E-C	-4.634	.000
									E-N	-2.240	.025
*Antigüedad de entrenamiento (en meses)	0	.000	17.69	12.40	66.08	52.05	31.70	.000	N-C	-4.637	.000
									E-C	-4.581	.000
									E-N	-3.505	.000
*Entrenamiento por semana (en días)	0	.000	3.46	1.61	5.75	1.65	30.89	.000	N-C	-4.745	.000
									E-C	-4.635	.000
									E-N	-3.035	.004
*Entrenamiento por día (en horas)	0	.000	1.92	.787	2.63	1.15	28.43	.000	N-C	-4.744	.000
									E-C	-4.597	.000
*Entrenamiento total por semana (en horas)	0	.000	6.54	3.57	15.92	8.81	30.85	.000	N-C	-4.710	.000
									E-C	-4.580	.000
									E-N	-3.189	.001

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias en el entrenamiento de malabarismo de los grupos evaluados.

Subpruebas WAIS-III: Retención de Dígitos y Sucesión de Números y Letras

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados (véanse tablas 3 y 4).

Tabla 3
Subprueba WAIS-III: Retención de dígitos

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		Kruskall-Wallis	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Puntuación Orden Directo	9.38	1.55	9.08	2.72	9.42	2.27	.04	.977
Dígitos Orden Directo	6.15	.89	5.85	1.46	6.17	1.26	.45	.798
Puntuación Orden Inverso	5.92	1.25	5.62	1.66	5.83	1.52	.24	.884
Dígitos Orden Inverso	4.77	1.01	4.38	.96	4.25	.96	1.63	.441
Puntuación Total	15.31	2.46	14.69	4.02	15.25	3.33	.07	.961

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en la subprueba Retención de dígitos.

Tabla 4
Subprueba WAIS-III: Sucesión de Números y Letras

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Elementos	5.23	.83	5.08	1.11	5.33	.77	.42	.808
Puntuación	10.15	1.99	9.54	2.63	10.17	2.16	.57	.749

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en la subprueba Sucesión de números y letras.

Cubos de Corsi

Ambos grupos de malabaristas tuvieron mejores puntuaciones en orden directo que el grupo de no malabaristas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de elementos recordados en orden directo ($z = -2.330$, $p < 0.05$) y puntuación en orden directo ($z = -2.472$, $p < 0.05$) entre el grupo de malabaristas expertos y el grupo no malabaristas, así como diferencias en la puntuación en orden directo ($z = -1.958$, $p < 0.05$) entre el grupo de malabaristas novatos y el grupo no malabaristas (véase tabla 5).

Tabla 5
Cubos de Corsi

	No malabaristas C n=13		Novatos N n=13		Expertos E n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>		Diferencias (U de Mann-Whitney)		
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P	Dif.	Z	P
*Elementos Orden Directo	5.77	.83	6.38	.870	6.58	.79	6.08	.048	E-C	-2.330	.020
*Puntuación Orden Directo	15.46	7.09	20.92	5.99	22.25	5.19	7.12	.028	N-C	-1.958	.050
									E-C	-2.472	.013
Elementos Orden Inverso	5.46	1.12	5.77	1.16	5.75	1.28	.70	.703			
Puntuación Orden Inverso	17.23	7.04	19.15	7.43	18.75	8.13	.56	.755			

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en la prueba Cubos de Corsi.

Figura Compleja de Rey

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados (véase tabla 6).

Tabla 6
Figura Compleja de Rey

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Tiempo Copia	208.46	56.27	193.62	70.11	270.75	206.72	1.41	.494
PD Copia	35.69	.751	35.62	1.12	35.67	.65	.31	.856
Tiempo Recuerdo	171.85	58.44	165.23	73.55	173.83	70.51	.73	.693
PD Recuerdo	25.15	6.93	26.04	5.86	24.54	6.34	.73	.692

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos en la prueba Figura Compleja de Rey.

Test Stroop

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el puntaje de interferencia ($z = -2.721$, $p < 0.05$) entre el grupo de malabaristas expertos y el grupo de no malabaristas (véase tabla 7).

Tabla 7
Test Stroop

	No malabaristas C n=13		Novatos N n=13		Expertos E n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>		Diferencias (U de Mann-Whitney)		
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P	Dif.	Z	P
PD Palabra	111.54	20.96	83.85	38.88	106.17	21.34	4.91	.086			
Errores Palabra	.15	.37	.23	.83	.17	.57	.33	.846			
PD Color	75	12.32	76.69	12.97	77.42	10.62	.38	.827			
Errores Color	.61	1	.46	.87	.58	1.16	.92	.628			
PD Palabra-Color	49.92	13.19	44.85	10.69	52.67	6.41	3.26	.196			
Errores Palabra-Color	1.69	1.49	2.92	2.49	1-83	-93	2.14	.343			
*Interferencia	-3.45	13.12	5.36	9.64	8.15	6.05	7.44	.024	E-C	-2.721	.007

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en el Test Stroop.

Test de los 5 Dígitos

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados (véase tabla 8).

Tabla 8
Test de los 5 dígitos

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		<u>Kruskall-Wallis</u>	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Tiempo Total Lectura	18.46	3.25	21.77	6.76	19.17	3.76	2.33	.312
Errores Totales Lectura	.00	.00	.08	.27	.00	.00	1.92	.382
Tiempo Total Conteo	22.54	6.06	23.92	4.48	19.75	2.95	5.73	.057
Errores Totales Conteo	.08	.27	.00	.00	.08	.28	1.07	.585
Tiempo Total Elección	30.31	6.04	35.62	7.10	30.92	4.48	4.25	.119
Errores Totales Elección	.85	1.14	.69	.85	1.33	1.23	2.86	.239
Tiempo Total Alternancia	27.77	8.56	42.33	5.14	39.42	7.74	2.71	.257
Errores Totales Alternancia	1.38	1.85	1.58	1.78	2.08	2.06	.78	.677
Índice de Inhibición	11.85	6.9	13.85	9.71	11.75	4.00	1.39	.497
Índice de Flexibilidad	19.31	8.8	17.31	13.43	20.25	5.72	.13	.936

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en el Test de los 5 Dígitos.

Torre de Londres

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados (véase tabla 9).

Tabla 9
Torre de Londres

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		Kruskall-Wallis	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
PN Total Correctas	4.77	2.38	3.69	2.52	4.42	2.02	1.08	.581
PN Total de Movimientos	26.31	9.86	31	17.86	33.5	21.02	.56	.753
PN Tiempo de Inicio	60.15	53.53	42.69	36.36	50.75	28.37	1.16	.558
PN Tiempo de Ejecución	193.15	70.58	197.54	70.37	207.92	84.34	.09	.953
PN Tiempo Total	251.62	110.88	240.46	59.91	258.67	97.13	.02	.988
PN Violaciones de Tiempo	.08	.27	.08	.27	.00	.00	.94	.622
PN Errores Tipo 1	.08	.27	.15	.37	.08	.28	.48	.785
PN Errores Tipo 2	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1
PN Total de Errores	.08	.27	.15	.37	.08	.28	.48	.785

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en la Prueba Torre de Londres.

Subpruebas BANFE: Juego de Cartas y Clasificación de Cartas

Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados (véanse tablas 10 y 11), el grupo de malabaristas expertos y el grupo de malabaristas novatos tuvieron una tendencia a tomar menos cartas de riesgo que el grupo de no malabaristas.

Tabla 10
Subprueba BANFE: Juego de Cartas

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		Kruskall-Wallis	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Total de Cartas	48.85	9.7	44.08	8.8	42.17	7.6	3.74	.154
Total Cartas de Riesgo	20	6.54	14.92	5.8	15.33	5.64	5.17	.075
Porcentaje Cartas de Riesgo	41.48	12.13	34.8	14.05	37.20	15.02	2.31	.314
Puntuación	21.69	15.19	35.46	23.2	23.58	20.59	3.52	.172

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en la Subprueba Juego de Cartas.

Tabla 11
Subprueba BANFE: Clasificación de Cartas

	No malabaristas n=13		Novatos n=13		Expertos n= 12		Kruskall-Wallis	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	X ²	P
Aciertos	43.38	13.51	48.46	6.97	38.83	10.11	4.99	.082
Total de Errores	15.62	5.54	12.08	4.71	17.42	6.55	5.43	.066
Perseveraciones	1.92	1.7	1.31	1.25	3.08	2.39	3.47	1.76
Perseveraciones de Criterio	2.31	1.6	1.31	1.54	3.08	3.80	2.80	.246
Errores de Mantenimiento	2.77	5.06	.62	.65	1	.953	1.13	.567

Medias, desviación estándar, y significación estadística de las diferencias entre los tres grupos evaluados en los resultados obtenidos en la Subprueba Clasificación de Cartas.

Discusión

La finalidad de esta investigación fue identificar diferencias en distintos procesos neuropsicológicos entre malabaristas expertos, malabaristas novatos y no malabaristas, mediante el uso de una serie de pruebas que evaluaron los procesos de atención, memoria, planificación, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, toma de decisiones y habilidades visoespaciales.

Esto debido a que se ha observado que la práctica constante de un ejercicio físico se ha visto relacionada con cambios en función de las demandas propias de su entrenamiento, las cuales, conllevan a cambios en los circuitos cerebrales debido a la adquisición de una nueva habilidad, estableciendo claves orgánicas de las actitudes aprendidas, disposiciones o estilos de pensamiento en el mismo grado en el que los circuitos cerebrales llevarán a patrones específicos de comportamiento que se ven expresados en el desempeño cognitivo de sus participantes (Wolfensteller, 2009).

En este caso, el malabarismo es un ejercicio físico que requiere el entrenamiento de diferentes habilidades y que se ve influenciado principalmente por factores temporales y espaciales (Beek & Turvey, 1992; Hashizume & Matsuo, 2004; Post et al., 2000); pero que también depende de otros factores como la coordinación motora, la respiración, el movimiento corporal, la postura y el balanceo del cuerpo del participante para ejecutar el patrón de cascada que lo caracteriza de manera adecuada (Huys et al., 2003; Zentgraf & Munzert, 2009).

Si bien se encontraron diferencias significativas en la edad entre malabaristas expertos y no malabaristas, es posible que esta no fuera la variable que determinó las

diferencias encontradas dado que ambos rangos de edad se encuentran comprendidos dentro del periodo de desarrollo humano conocido como adultez temprana y durante el cual ya se han consolidado las etapas adquisitiva y de logro del desarrollo cognoscitivo para ambas edades (Papalia, Wendkos & Duskin, 2010).

Además, se ha descrito que el mayor cambio de sustancia gris se da a los cuatro años de edad y que el incremento de sustancia blanca continúa de manera constante solo hasta los 20 años (Matute, 2012) por lo que las transformaciones más importantes a nivel cerebral ocurren entre la niñez y la adolescencia (Matute, 2012) periodo en el cual las habilidades cognitivas maduran y se vuelven más eficientes y complejas (Gómez-Pérez, Ostrosky, & Próspero, 2003).

Por último, es importante mencionar también que las edades correspondientes a los diferentes grupos se encuentran todas contenidas en los mismos rangos de edades establecidas en las puntuaciones percentiles para la calificación de las pruebas aplicadas y son a menudo categorizadas en un mismo rango al tomar como variable la edad para investigaciones en neuropsicología.

Al comparar al grupo de no malabaristas con el de malabaristas expertos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los resultados de las pruebas Cubos de Corsi y Test Stroop, donde los malabaristas expertos tuvieron puntuaciones más altas en elementos y puntuación en orden directo de Cubos de Corsi e interferencia del Test Stroop.

Las diferencias encontradas entre malabaristas novatos y no malabaristas fueron similares a las encontradas entre el grupo de no malabaristas con el de malabaristas

expertos donde se repiten mayores puntajes en puntuación de orden directo de Cubos de Corsi e interferencia de Test Stroop, sin embargo, las diferencias entre estos grupos solo fueron estadísticamente significativas para puntuación en orden directo.

Puntuaciones más altas en Cubos de Corsi se encuentran relacionadas con un mejor desempeño en la tarea, por otro lado a mayores puntajes de interferencia de Test Stroop se puede establecer que existe mayor resistencia a la interferencia de estímulos y mejor inhibición de procesos preponderantes por parte del participante, por lo que se establece que tanto el grupo de malabaristas expertos como el grupo de malabaristas novatos tuvo un mejor desempeño que el grupo de no malabaristas en control inhibitorio, y memoria y atención relacionadas con procesos visoespaciales, por lo que puede decirse que estos son los procesos que se ven influenciados por la práctica de malabarismo.

Además de las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de malabaristas expertos y malabaristas novatos respecto a los no malabaristas, fue encontrado que tanto el grupo de malabaristas expertos como el de malabaristas novatos tuvieron una tendencia a tomar menos cartas de riesgo que el grupo de no malabaristas en la subprueba de la BANFE Juego de cartas; tarea que hace énfasis en el aprendizaje de recompensa y castigo asociados en función de guiar las decisiones que están siendo hechas (Clark, Cools, & Robbins, 2004) por lo que los resultados obtenidos pueden encontrarse estrechamente relacionados con el proceso de toma de decisiones mediante la elección de costo-beneficio.

Este mejor desempeño en relación a atención y memoria relacionadas con procesos visoespaciales, control inhibitorio y toma de decisiones por parte de ambos grupos de malabaristas podría verse relacionado con los componentes espaciales que conforman el

malabarismo y las habilidades que se desarrollan durante la ejecución del patrón de cascada.

Puesto que cada movimiento trae consigo una consecuencia en la trayectoria de las pelotas se requiere de sincronización para su correcta ejecución, por lo que deben cuidarse los aspectos espaciales tanto de los objetos manipulados como del esquema corporal del malabarista; así mismo, cualquier movimiento erróneo puede afectar la trayectoria de las pelotas y la secuencia de tiros del patrón de cascada, para lo cual el malabarista requiere de la habilidad para seleccionar el movimiento más adecuado para afectar en el menor grado posible su ejecución.

Lo anterior se ve relacionado con los resultados reportados en investigaciones previas, donde la práctica de malabarismo trajo consigo cambios estructurales en regiones como hMT/V5, corteza frontal, corteza cingulada, hipocampo y giro precentral (Boyke et al., 2008; Draganski et al., 2004; Driemeyer et al., 2008; Sholz et al., 2009a), regiones que pueden ser relacionadas con procesamiento visoespacial, memoria, atención, control inhibitorio y toma de decisiones.

Por otro lado, no se encontraron diferencias en los procesos de planificación, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva puesto que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos en los resultados obtenidos en Retención de dígitos, Sucesión de números y letras, Test de los 5 dígitos, Torre de Londres y Clasificación de cartas.

En cuanto a las diferencias entre malabaristas novatos y malabaristas expertos, es posible que no se haya encontrado ningún resultado estadísticamente significativo debido a

que al parecer la importancia en la adquisición de la habilidad necesaria para este ejercicio radica en dominar las bases para realizar el patrón de cascada, más que en aumentar el nivel de dificultad. Además, cambios cognitivos a partir del entrenamiento motor parecen darse más debido a la adquisición de una habilidad que del mantenimiento de esta.

Investigaciones previas tampoco encontraron relación entre la intensidad del entrenamiento y los cambios estructurales asociados a su práctica (Driemeyer et al., 2008; Leroy et al., 2008; Sampaio-Baptista et al, 2014; van Praag, 2009), por lo que parece ser que no representa un factor que tenga mucha influencia en esta actividad.

Los resultados obtenidos apoyan la idea de que el malabarismo es una actividad que impacta en los procesos que se encuentran relacionados de manera directa con su ejecución como es el caso de la atención visoespacial y el control inhibitorio, pero también con procesos más indirectos como es el caso de la memoria y la toma de decisiones.

Estas diferencias neuropsicológicas encontradas corresponden a la localización en algunas de las mismas regiones que fueron reportadas con cambios estructurales en otras investigaciones acerca del malabarismo (Boyke et al., 2008; Draganski et al., 2004; Driemeyer et al., 2008; Sholz et al., 2009a), donde se relacionaron estos cambios con la práctica del malabarismo y no a una predisposición estructural para su aprendizaje.

Esto puede ser explicado mediante el proceso de plasticidad cerebral en el cual el cerebro humano se adapta a las demandas del ambiente, en este caso establecido por el entrenamiento del malabarismo, alterando sus propiedades estructurales y funcionales debido la adquisición de nuevas habilidades (Hötting & Röder, 2013), por lo que puede

establecerse que el malabarismo es un ejercicio físico que promueve el proceso de plasticidad en sus practicantes.

Las diferencias en el desempeño entre el grupo de no malabaristas con los grupos de malabaristas novatos y expertos permiten caracterizar un perfil neuropsicológico de los practicantes de malabarismo; lo que a su vez brinda la oportunidad de comprender y describir con mayor profundidad los beneficios asociados a su práctica, permitiendo establecerlo como una posible opción de intervención.

Es importante, recordar también que el malabarismo puede ser aprendido a lo largo de todo el ciclo de vida en periodos cortos de tiempo, no necesita de previa experiencia para completar el ejercicio, no depende de habilidades físicas como resistencia o flexibilidad y es altamente motivante y accesibles (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006).

Todo lo anterior contribuye a pensar en el malabarismo como un ejercicio físico viable para su implementación en diversas poblaciones, como es el caso de niños menores de 10 años quienes se pueden beneficiar más de formas menos estructuradas de ejercicio que involucren el juego (Best, 2010) o en adultos mayores quienes son una población que requiere de programas que impacten de manera positiva en su funcionamiento cognitivo.

Se ha probado por ejemplo, su implementación como programa complementario de intervención en pacientes con ansiedad, encontrando que ayuda a disminuir el estado de ansiedad y puntajes de depresión y enojo-hostilidad (Nakahara et al., 2007) y en niños con espina bífida, encontrando mejora en el desempeño en resolución de problemas de rotación mental (Lehmann & Jansen, 2012).

Dado lo anterior, puede pensarse en el malabarismo como una alternativa física aplicable a diversas poblaciones y que tiene una influencia a niveles psicológico, cognitivo y estructural en sus practicantes y establecerlo como un ejercicio físico que permite la adquisición de habilidades motoras complejas que requieren de adaptación continua a estrategias y comportamiento de acuerdo a sus demandas (Best, 2010), al tiempo que se promueve un proceso de plasticidad con su entrenamiento y se mejoran procesos como control inhibitorio, memoria, atención y toma de decisiones en sus practicantes.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, puede concluirse que existen diferencias significativas en el desempeño en pruebas entre malabaristas expertos y malabaristas novatos respecto al grupo de no malabaristas. Estas diferencias se encuentran en control inhibitorio, toma de decisiones, memoria y atención relacionados con procesos visoespaciales, por lo que puede ser dicho que el malabarismo, puede mejorar estos procesos.

Esto, sumado a los cambios estructurales y funcionales asociados a su práctica encontrados en otras investigaciones sugieren que el malabarismo es un ejercicio físico que promueve la plasticidad cerebral en sus practicantes.

Limitaciones y sugerencias

Dadas las características tan específicas de la población estudiada en el presente trabajo el tamaño de la muestra evaluado fue muy pequeña, lo que a su vez llevó a una distribución anormal de las respuestas, por lo que se sugiere el empleo de un mayor número de participantes.

Sumado a esto, y dado que la población de los grupos de malabaristas fue seleccionada de acuerdo a su nivel de experiencia en malabarismo y no de acuerdo a otros criterios, sería útil mantener mayor control sobre otro tipo de variables relacionadas con los participantes.

Por otro lado, se sugiere ampliar el campo de investigación en cuanto la influencia malabarismo en otros procesos como el cálculo y las praxias o tomando en cuenta sus factores temporo-espaciales y evaluándolos por medio de otros métodos en neuropsicología, como es el caso de los potenciales relacionados a eventos o mediante técnicas de imagen o registro y combinándolos con evaluación neuropsicológica para conocer los cambios que están siendo obtenidos tanto a nivel estructural como su expresión a nivel conductual.

Referencias

- Andel, R. Criwe, M., Pedersen, N., Fratiglioni, I., Johansson, B. & Gatz, M. (2008) Physical exercise and risk of dementia three decades later: a population-based study of Swedish twins, *Journal of Gerontology, a. Biol Sci. Med Sci*, 62, 62-66.
- Anderson, P. (2008). Towards a developmental model of executive function. En Anderson, V. Jacobs, R. & Anderson, P.(Ed.) *Executive functions and the frontal lobes* (pp. 3-21). USA: Taylor & Francis Group
- Andreano, M. J., & Cahill, L. (2009). Sex influences on the neurobiology of learning and memory. *Learning and Memory*, 16, 248-266.
- ARISF Association of IOC Recognised International Sport Federation. (2016). *Arisf.org*. Revisado 11 de Noviembre de 2016, de <http://www.arisf.org/members.aspx>
- Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought and action*. New York: Oxfors Psychology Series
- Baddeley, A. Eysenck, M. & Anderson, M. (2015). *Memory* (2nd. ed). New York: Psychology Press
- Banich, M. T. (2009). Executive Function: The Search for an Integrated Account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89–94.
- Archer, T. (2014). Novel Physiotherapies Health Benefits of Physical Exercise for Children and Adolescents. *Open Access*, 4(2), 2–5. <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000203>
- Bauman, A. E., Reis, R. S., Sallis, J. F., Wells, J. C., Loos, R. J. F., & Martin, B. W. (2012). Correlates of physical activity: Why are some people physically active and others not? *The Lancet*, 380(9838), 258–271. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60735-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60735-1)
- Bechara, A. (2000). Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295–307. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.295>
- Bechara, A. (2004). The role of emotion in decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain and Cognition*, 55(1), 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2003.04.001>
- Beek, P. J. (1989). Timing and Phase Locking in Cascade Juggling. *Ecological Psychology*, 1(1), 55–96. <https://doi.org/10.1207/s15326969eco0101>
- Beek, P. J. (1992). Inadequacies of the proportional duration model : Perspectives from a

- dynamical analysis of juggling *. *Human Movement Science*, 11, 227–237.
- Beek, P. J., & Lewbel, A. (1995). The science of juggling. *Scientific American*, 93–97.
- Beek, P. J., & Turvey, M. T. (1992). Temporal Patterning in Cascade Juggling. *Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 934–947.
- Beek, P. J., & Van Santvoord, A. A. M. (1992). Learning the Cascade Juggle : A Dynamical Systems Analysis. *Journal of Motor Behavior*, 24(1), 85–94.
<https://doi.org/10.1080/00222895.1992.9941604>
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children’s executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res*, 2013, 657508. <https://doi.org/10.1155/2013/657508>
- Bird, C. & Burgess, N. (2008). The hippocampus and memory: insights from spatial processing. *Nat. Rev. Neurosci.*, 9, 182-194.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387–398. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.09.005>
- Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Training-induced brain structure changes in the elderly. *The Journal of Neuroscience*, 28(28), 7031–7035.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0742-08.2008>
- Cashmore, E. (2008). *Sport and exercise psychology*. (2nd ed.). New York: Routledge.
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A. R., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1401–1407.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453(250), 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Chou, C.-H., Hwang, C.-L., & Wu, Y.-T. (2012). Effect of Exercise on Physical Function, Daily Living Activities, and Quality of Life in the Frail Older Adults: A Meta-

- Analysis. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 93(2), 237–245.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.08.042>
- Clark, L., Cools, R., & Robbins, T. W. (2004). The neuropsychology of ventral prefrontal cortex: Decision-making and reversal learning. *Brain and Cognition*, 55(1), 41–53.
[https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00284-7](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00284-7)
- Cohne, R. (2014). *The Neuropsychology of Attention* (2nd ed.). New York: Springer.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., ... Kramer, a. F. (2006). Aerobic Exercise Training Increases Brain Volume in Aging Humans. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61A(11), 1166–1170.
<https://doi.org/10.1093/gerona/61.11.1166>
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults. *Psychological Science*, 14, 125. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- Côté, J., Baker, J., & Abernethy, B. (2007). Practice and play in the development of sport expertise. In R. Eklund & G. Teneenbaum (Eds) *Handbook of Sport Psychology*, (pp. 184-202; 3rd edition). Hoboken, NJ: Wiley.
- Coolican, H. (2005). *Métodos de investigación y estadística en psicología*. México: Manual Moderno.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. Dissertation Abstracts International, 34 (02), 891B. (*University Microfilms No. AAI05-77717*).
- Culberston, W. & Zillmer, E. (2005). *Tower of London-Drexel University (TOL^{DX})* (2nd edition). Toronto: Multy-Health Systems Inc
- De Luca, C. & Leventer, R. (2008). Developmental trajectories of executive functions across the lifespan En Anderson, V. Jacobs, R. & Anderson, P. (Ed.) *Executive functions and the frontal lobes* (pp. 23-56). USA: Taylor & Francis Group
- Dessing, J. C., Daffertshofer, A., Peper, C. E., & Beek, P. J. (2010). Pattern Stability and Error Correction During In-Phase and Antiphase Four-Ball Juggling. *Journal of Motor Behavior*, 39(5), 37–41. <https://doi.org/10.3200/JMBR.39.5.433-448>
- Dessing, J. C., Rey, F. P., & Beek, P. J. (2012). Gaze fixation improves the stability of expert juggling. *Experimental Brain Research*, 216, 635–644.

<https://doi.org/10.1007/s00221-011-2967-6>

- Dominguez, A. (2011). *Efectividad del ejercicio anaeróbico vs aeróbico más anaeróbico en pacientes con factores de riesgo cardiovascular en la UFRXXI 2010*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Changes in grey matter induced by training. *Nature*, *427*(22), 311–312.
<https://doi.org/10.1038/427311a>
- Draganski, B., & May, A. (2008). Training-induced structural changes in the adult human brain. *Behavioural Brain Research*, *192*, 137–142.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.02.015>
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Changes in Gray Matter Induced by Learning-Revisited. *PLoS ONE*, *3*(7), e2669.
<https://doi.org/10.1371/Citation>
- Eime, R. M., Harvey, J. T., Sawyer, N. A., Craike, M. J., & Harvey, J. T. (2013). Understanding the Contexts of Adolescent Female Participation in Sport and Physical Activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *84*(2), 157–166.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2013.784846>
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *4*, 27–32.
<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.01.005>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(7), 3017–22. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Fernández, G. (2011). *Efectividad de un programa de ejercicio aeróbico vs anaeróbico y aeróbico en la reducción del índice de masa corporal en pacientes obesos de la UFR SXXI*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Flores, J., Ostrosky, F. & Lozano, A. (2012). *Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales*. México: Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
- Friedman, S. & Sholnick, E. (2014). *The Developmental Psychology of Planning*. New York:

- Psychology Press.
- Fuster, J. (2008). *The Prefrontal Cortex* (4th Ed.). China: Academic Press-Elsevier.
- Golden, C. (2010). *Stroop Test de Colores y Palabras* (5ta ed.) Madrid: Publicaciones de Psicología aplicada, TEA ediciones
- Gómez-Pérez, E., Ostrosky, F., & Próspero, O. (2003). Desarrollo de la atención , la memoria y los procesos inhibitorios : relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. *Revista de Neurología*, 37(6), 561–567.
- Griffin, É. W., Mullally, S., Foley, C., Warmington, S. A., O’Mara, S. M., & Kelly, Á. M. (2011). Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiology and Behavior*, 104(5), 934–941.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.06.005>
- Haibach, P. S., Daniels, G. L., & Newell, K. M. (2004). Coordination changes in the early stages of learning to cascade juggle. *Human Movement Science*, 23, 185–206.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.07.002>
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., & Haskell, W. (2012). Physical activity levels of the world ’ s population Surveillance progress , gaps and prospects. *The Lancet*, 380, 247–257.
- Hashizume, K., & Matsuo, T. (2004). Temporal and spatial factors reflecting performance improvement during learning three-ball cascade juggling. *Human Movement Science*, 23(2), 207–233. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.08.003>
- Horton, A. & Horton, A. (2008). Overview of clinical neuropsychology. En Horton. a & Wedding, D.(Ed.). *The Neuropsychology Handbook* (3rd Ed.) (pp. 3-30). New York: Springer Publishing Company.
- Hötting, K., Reich, B., Holzschneider, K., Kauschke, K., Schmidt, T., Reer, R., ... Röder, B. (2012). Differential cognitive effects of cycling versus stretching/coordination training in middle-aged adults. *Health Psychology*, 31(2), 145–155.
<https://doi.org/10.1037/a0025371>
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243–2257.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.04.005>
- Hubert-Wallander, B., Green, C. S., & Bavelier, D. (2011). Stretching the limits of visual

- attention: The case of action video games. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(2), 222–230. <https://doi.org/10.1002/wcs.116>
- Huys, R., & Beek, P. J. (2002). The coupling between point-of-gaze and ballmovements in three-ball cascade juggling: the effects of expertise , pattern and tempo. *Journal of Sports Science*, 20(3), 171–186. <https://doi.org/10.1080/026404102317284745>
- Huys, R., Daffertshofer, A., & Beek, P. J. (2003). Learning to juggle : on the assembly of functional subsystems into a task-specific dynamical organization. *Biological Cybernetics*, 88, 302–318. <https://doi.org/10.1007/s00422-002-0379-1>
- Huys, R., Daffertshofer, A., & Beek, P. J. (2004a). Multiple Time Scales and Multiform Dynamics in Learning to Juggle. *Motor Control*, 7, 188–212.
- Huys, R., Daffertshofer, A., & Beek, P. J. (2004b). Multiple time scales and subsystem embedding in the learning of juggling. *Human Movement Science*, 23, 315–336. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.08.009>
- Iachini, T., Ruggiero, G., Ruotolo, F., & Pizza, R, (2008). *Cap 16. Age and gender differences in some components of spatial cognition*. In H. T. Benninghouse et al. (Eds.), *Women And Aging: New Research*. Nova Science Publishers. Inc.
- IBM Corp. (2011). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- International Olympic Committee. (2016). *Sports | List of Summer and Winter Olympic Sports*. Revisado 11 de Noviembre de 2016, de <https://www.olympic.org/sports>
- International Jugglers´Association (2017) About IJA recuperado de <http://www.juggle.org/>
- Iverson, G., Brooks, B., White, T. & Stern, R. (2008). Neuropsychological assesment battery: Introduction and advanced interpretation. En Horton. a & Wedding, D.(Ed.). *The Neuropsychology Handbook* (3rd Ed.) (pp. 279-343). New York: Springer Publishing Company.
- Jansen, P., Lange, L. F., & Heil, M. (2011). The influence of juggling on mental rotation performance in children. *Biomedical Human Kinetics*, 3, 18–22. <https://doi.org/10.2478/v10101-011-0005-6>
- Jarvis, M. (2006). *Sport Psychology: A Student´s Handbook*. New York: Routledge.
- Josefsson, T., Lindwall, M., & Archer, T. (2014). Physical exercise intervention in depressive disorders: Meta-analysis and systematic review. *Scandinavian Journal of*

- Medicine and Science in Sports*, 24(2), 259–272. <https://doi.org/10.1111/sms.12050>
- Junqué, C. & Barroso, J. (2009). *Manual de Neuropsicología*. Madrid: Editorial Sintesis.
- Kemperman G, Fabel, Ehninger, Babu, Leal-Galicia, Garthe & Wolf (2010) Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity. *Frontiers in Neuroscience* .189, 1-9.
- Kerlinger, Fred N. (2002). *Investigación del Comportamiento, Técnicas y metodología*. México: Editorial Interamericana.
- Kolb, B. & Wishaw, I. (2003). *Fundamentals of Human Neuropsychology* (5th ed.)
- Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007a). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.009>
- Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007b). Effects of physical activity on cognition, well-being, and brain: Human interventions. *Alzheimer's and Dementia*, 3(2 SUPPL.), 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2007.01.008>
- Lafenetre P., Leske O., Wahle P. & Heumann R. (2011). The beneficial effects of physical activity on impaired adult neurogenesis and cognitive performance. *Frontiers in neuroscience*. 5 (51), 1-8.
- Lautenschlager, N. T., Cox, K., & Cyarto, E. V. (2012). The influence of exercise on brain aging and dementia ☆. *BBA - Molecular Basis of Disease*, 1822, 474–481. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2011.07.010>
- Lautenschlager, N., Cox, K., Flicker, L., Foster, J., van Bocksmeer, F., Xiao, J., ... Almeida, O. (2008). Effect of Physical Activity on Cognitive Function in Older Adults at Risk for Alzheimer Disease. *American Medical Association*, 300(9), 1027–1037. <https://doi.org/10.1001/jama.295.5.487>.
- Lawton, A. C., & Hatcher, D. W. (2005). Gender differences in integration of images in visuospatial memory. *Sex Roles*, 53, (10).
- Lehmann, J., & Jansen, P. (2012). The influence of juggling on mental rotation performance in children with spina bifida. *Brain and Cognition*, 80(2), 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.07.004>
- Leroy, D., Thouvarcq, R., & Gautier, G. (2008). Postural organisation during cascade juggling : Influence of expertise. *Gait Posture*, 28, 265–270.

- <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.12.071>
- Lezak, M. (2012). *Neuropsychology assessment* (5th ed.) New York: Oxford University Press
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L., Graf, P., Beattie, L., Ashe, M., & Handy, T. (2015). Resistance Training and Executive Functions. *Arch Intern Med*, 170(2), 170–178.
- Liu-ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Voss, M. W., & Khan, K. M. (2012). Resistance training and functional plasticity of the aging brain : a 12-month randomized controlled trial. *NBA*, 33(8), 1690–1698.
- <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.05.010>
- Louise, E. (2011). Memory. En Kreutzer, J., De Luca. & Caplan, B. (Ed.). *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. (pp. 1555-1560) New York: Springer.
- Macleod, C. M. (2007). The Concept of Inhibition in Cognition (pp. 3–23).
- <https://doi.org/10.1037/11587-000>
- Mapelli, A., Galante, D., Paganoni, S., Fusini, L., Forlani, G., & Sforza, C. (2012). Three-dimensional hand movements during the execution of ball juggling : Effect of expertise in street performers. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6), 859–865. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.05.010>
- Martin, G. (2006). *Human Neuropsychology*. (2nd ed.). England: Pearson Prentice Hall.
- Matute, E. (2012). *Tendencias actuales de las neurociencias cognitivas*(2nd ed.). México: Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
- McAuley, E., Kramer, A. F., & Colcombe, S. J. (2004). Cardiovascular fitness and neurocognitive function in older Adults: A brief review. *Brain, Behavior, and Immunity*, 18(3), 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2003.12.007>
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D., 2000. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology* 41, 49–100.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Partington, S. & Atwood, J. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine*, 346 (11), 793-801
- Nakahara, T., Nakahara, K., Uehara, M., Koyama, K., Li, K., Harada, T., ... Inui, A.

- (2007). Effect of juggling therapy on anxiety disorders in female patients. *BioPsychoSocial Medicine, 1*, 10. <https://doi.org/10.1186/1751-0759-1-10>
- Organización Mundial de la Salud (2016a). *Actividad Física*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/es/>
- Organización Mundial de la Salud (2016b). *Inactividad física: Un problema de salud pública mundial*. Recuperado de http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/
- Organización Mundial de la Salud (2016c). *¿Qué se entiende por actividad física moderada y actividad física vigorosa?*. Recuperado de http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/
- Orozco, G., Santiago, J., Anaya, M., & Guerrero, S. (2016). Efectos psicologicos y cognitivos mayores effects of tai chi practice in older. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala, 19*(3), 858–876.
- Papalia, D. Wendkos, S. & Duskin, R. (2010). *Desarrollo Humano*. México. D.F.: McGrawHill
- Penke, L., Maniega, M., Murray, C., Gow, A., Hernández, M., Clayden, J., Starr, J., Bastin, M. & Deary, I. (2010) A general factor of brain white matter integrity predicts information processing speed in healthy older people. *Journal of Neuroscience, 30* (22), 7569-7574.
- Peters, J., & Büchel, C. (2011). The neural mechanisms of inter-temporal decision-making: Understanding variability. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(5), 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.03.002>
- Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchiatti, D. L., & Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Pediatrics, 162*(3), 543–551. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.08.036>
- Portellano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: Mc-GrawHill.
- Portellano, J. & García, J. (2014). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. España: Editorial Síntesis.
- Post, A. A., Daffertshofer, A., & Beek, P. J. (2000). Principal components in three-ball cascade juggling. *Biological Cybernetics, 82*, 143–152.

- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity--a systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, *13*(1), 813. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-813>
- Rey, A. (1994). *Figura de Rey. Test de copia de una figura compleja*. Madrid, Tea.
- Richard-Devantoy, S., Jollant, F., Kefi, Z., Turecki, G., J.p.olié, Annweiler, C., ... Le Gall, D. (2012). Deficit of cognitive inhibition in depressed elderly: A neurocognitive marker of suicidal risk. *Journal of Affective Disorders*, *140*(2), 193–199. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.03.006>
- Richards, M., Hardy, R., & Wadsworth, M. E. J. (2003). Does active leisure protect cognition? Evidence from a national birth cohort. *Social Science and Medicine*, *56*(4), 785–792. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(02\)00075-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(02)00075-8)
- Rodrigues, T., Polastri, P. F., Gotardi, G. C., Aguiar, S. A., Mesaros, M. R., Pestana, M. B., & Barbieri, F. A. (2016). Postural Control During Cascade Ball Juggling : Effects of Expertise and Base of Support. *Perceptual and Motor Skills*, *123*(1), 279–294. <https://doi.org/10.1177/0031512516660718>
- Rovio, S., Spulber, G., Nieminen, L. J., Niskanen, E., Winblad, B., Tuomilehto, J., ... Kivipelto, M. (2010). The effect of midlife physical activity on structural brain changes in the elderly. *Neurobiology of Aging*, *31*(11), 1927–1936. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.10.007>
- Ruocco, A. & Iranni, F. (2011). Spatial Processing. En Kreutzer, J., De Luca. & Caplan, B. (Ed.). *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. (pp. 2331-2332) New York: Springer.
- Sampaio-Baptista, C., Scholz, J., Jenkinson, M., Thomas, A. G., Filippini, N., Smit, G., ... Johansen-Berg, H. (2014). Gray matter volume is associated with rate of subsequent skill learning after a long term training intervention. *NeuroImage*, *96*, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.03.056>
- Secretaría de Salud (2015). *Especialistas del INSP y Canadá investigan impacto de inactivad física en población mexicana*. Recuperado de <https://www.gob.mx/salud/prensa/especialistas-del-insp-y-canada-investigacion-impacto-de-inactividad-fisica-en-poblacion-mexicana>
- Sedó, M. (2007). *Test de los Cinco Dígitos*. Madrid: Publicaciones de Psicología Aplicada.

TEA ediciones S.A

- Shannon, C. (1993) *Scientific Aspects of Juggling, Collected Papers*. Edited by N.J.A. Sloane and A. D. Wyner. IEEE Press
- Sholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. J., & Johansen-Berg, H. (2009a). Training induces changes in white-matter architecture (Supplementary materials). *Nat Neurosci*, 1–21. <https://doi.org/10.1038/nn.2412>
- Sholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. J., & Johansen-Berg, H. (2009b). Training induces changes in white matter architecture. *Nat Neurosci*, 12(11), 1370–1371. <https://doi.org/10.1038/nn.2412.Training>
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The Relationship Between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15, 243–256. <https://doi.org/10.1515/ijsl.2000.143.183>
- Smiley-Oyen, A., Lowry, K., Francois, S., Kohur, M. & Ekkekakis, P. (2008). Exercise, fitness and neurocognitive function in older adults: the “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine*, 36 (3), 280–291.
- Stirling, J. (2002). *Introducing neuropsychology*. New York: Psychology Press.
- Stroth, S., Hille, K., Spitzer, M., & Reinhardt, R. (2009). Aerobic endurance exercise benefits memory and affect in young adults. *Neuropsychological Rehabilitation*, 19(December 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1080/09602010802091183>
- Stroth, S., Reinhardt, R. K., Thöne, J., Hille, K., Schneider, M., Härtel, S., ... Spitzer, M. (2010). Impact of aerobic exercise training on cognitive functions and affect associated to the COMT polymorphism in young adults. *Neurobiology of Learning and Memory*, 94(3), 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2010.08.003>
- Tamorri, S. (2004). *Neurociencias y deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Tsukazaki, I., Uehara, K., Morishita, T., Ninomiya, M., & Funase, K. (2012). Effect of observation combined with motor imagery of a skilled hand-motor task on motor cortical excitability: Difference between novice and expert. *Neuroscience Letters*, 518(2), 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.04.061>

- Valadez, J. & Granados, L. (2014). *Neuroanatomía funcional para neuropsicólogos*. México, D.F.: Ediciones de Neurociencias.
- Van Praag, H. (2009). Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in Neurosciences*, 32(5), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.12.007>
- Van Santvoord, A. A. M., & Beek, P. J. (1994). Phasing and the Pickup of Optical Information in Cascade Juggling. *Ecological Psychology*, 6(4), 239–263. <https://doi.org/10.1207/s15326969eco0604>
- Van Santvoord, A. A. M., & Beek, P. J. (1996). Spatiotemporal variability in cascade juggling. *Acta Psychologica*, 91, 131–151. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(94\)00044-1](https://doi.org/10.1016/0001-6918(94)00044-1)
- Vanderploeg, R. (2011). *Clinician's guide to neuropsychological assesment*. (2nd ed.). New York: Routledge]
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(March), 26. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00026>
- Voelcker-Rehage, C., & Niemann, C. (2013). Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2268–2295. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.01.028>
- Voelcker-Rehage, C., & Willimczik, K. (2006). Motor plasticity in a juggling task in older adults - A developmental study. *Age and Ageing*, 35(4), 422–427. <https://doi.org/10.1093/ageing/af1025>
- Webbe, F. (2008). Sports Neuropsychology. En Horton. a & Wedding, D.(Ed.). *The Neuropsychology Handbook* (3rd Ed.) (pp. 771-800). New York: Springer Publishing Company.
- Webbe, F. (2011). *The handbook of sport neuropsychology*. New York: Springer Publishing Company.
- Wechsler, D. (2001). *WAIS-III. Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-III*. Madrid, TEA (Edición original, 1997)
- Weinberg, R. S. & Grould, D. (2011). *Foundations of sport and exercise psychology* (5th ed.). Champaign, II: Human Kinetics.

- Williamson, J. D., Espeland, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., King, A. C., Pahor, M., ... Miller, M. E. (2009). Changes in cognitive function in a randomized trial of physical activity: Results of the lifestyle interventions and independence for elders pilot study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, *64*(6), 688–694. <https://doi.org/10.1093/gerona/glp014>
- Wolfensteller, U. (2009). Juggling with the brain - thought and action in the human motor system. In *Progress in Brain Research* (Vol. 174, pp. 289–301). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)01323-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)01323-5)
- Zentgraf, K., & Munzert, J. (2009). Effects of attentional-focus instructions on movement kinematics. *Psychology of Sport and Exercise*, *10*, 520–525.

Anexos

Cuestionario de entrevista

Ficha de identificación

Nombre: _____	Fecha: _____	
Fecha de Nacimiento: _____	Lugar de nacimiento: _____	Edad: _____
Religión: _____	Lateralidad: _____	Ocupación: _____
Estado civil: _____	Escuela: _____	Licenciatura: _____
Cuatrimestre/Semestre: _____	Promedio: _____	Años de estudio: _____
Evaluador: _____	Grupo asignado: _____	

I. Antecedentes heredo familiares

Familiares que hayan padecido o padezcan de:

1. Diabetes	10. Alcoholismo
2. Cáncer	11. Tabaquismo
3. Hipertensión	12. Abuso de sustancias
4. Enfermedades del corazón	13. Depresión
5. E.V.C	14. Demencias
6. Epilepsia	15. Enfermedad de Parkinson
7. Esquizofrenia	16. Enfermedad de Alzheimer
8. Enfermedades neurológicas	17. Enfermedades de la vista
9. Enfermedades genéticas	18. Otros

II. Antecedentes médicos

Enfermedades graves que ha presentado a lo largo de su vida _____

¿A qué edad? _____ ¿Qué tratamiento le dieron? _____

¿Utiliza lentes? _____ ¿Desde cuándo? _____ Padecimiento _____

¿Utiliza aparatos auditivos? _____ ¿Desde cuándo? _____ Padecimiento _____

¿Ha tenido problemas de sueño? _____ ¿Desde cuándo? _____

¿Cuáles? _____ ¿Cómo lo ha tratado? _____

¿Ha tenido?:

	Golpes en la cabeza o médula espinal
	Alergia
	Tumores
	Enfermedades neurológicas
	Enfermedades psiquiátricas

¿Desde cuándo? _____ ¿Cuál ha sido el tratamiento? _____
¿Presenta secuelas? _____ ¿De qué tipo? _____

Historia de evaluaciones, análisis y cirugías

¿Le han realizado algún estudio específico? _____ ¿Cuáles y en qué fecha?

Cirugías (¿Cuántas, cuáles y cuándo?) _____

Historia farmacológica

Medicamentos actuales y padecimiento que tratan:

_____ ¿Desde cuándo? _____ ¿Para qué lo toma? _____
Reacciones adversas que el paciente asocie al consumo de algún medicamento

Historia del desarrollo

¿Tuvo algún problema de lenguaje? _____ ¿De qué tipo? Describa: _____
¿Tuvo problemas de movimientos de alguna parte de su cuerpo o en la deambulaci3n?
_____ ¿De qué tipo? _____
¿Tuvo algún problema de conducta? _____

III. Antecedentes escolares

¿Le costaba trabajo poner atenci3n en la escuela? _____
¿Aprendía con facilidad? _____
¿Qué actividades y materia le gustaban en la escuela? _____
¿Tenía amigos en la escuela? _____
¿Recordaba con facilidad lo que los maestros enseñaban en la clase? _____
Si dejo de estudiar, ¿Por qué motivo? _____
¿Alguna vez sus profesores se quejaron de su conducta? _____
¿Le fue fácil aprender a leer? _____
¿Presentó alguna dificultad para aprender a hacer cuentas? _____
¿A qué edad entro a la primaria, secundaria, preparatoria, etc? _____
¿Tuvo problemas de aprendizaje? _____ ¿A qué edad? _____ ¿Cuáles? _____
¿Qué se encuentra estudiando actualmente? _____
¿Por qué eligió esta licenciatura? _____
¿Cómo es su desempeño escolar actual? _____

IV. Personalidad y emociones

Describa cómo se considera (cualidades y defectos) _____

¿Es usted muy irritable? _____ ¿Porque? _____

¿Se siente triste con frecuencia? _____ ¿Por qué motivo? _____

¿Se angustia frecuentemente? _____ ¿Por qué razón? _____

¿Se relaciona fácilmente con las personas? _____

V. Descanso y recreación

¿Cuánto tiempo duerme regularmente? _____ ¿En qué horario? _____

¿Duerme durante el día, cuánto tiempo? _____

Descripción del tiempo libre y pasatiempos _____

¿Realiza ejercicio? _____ ¿De qué tipo? _____

¿Cuándo? _____ ¿Cuántos días a la semana? _____ ¿Cuántas horas diarias? _____

¿Practica algún deporte? _____ ¿Cuál? _____

¿Desde hace cuánto? _____ ¿Con qué frecuencia? (días por semana/ mes, horas dedicadas) _____

¿Suele jugar videojuegos? _____ ¿De qué tipo? _____

¿Desde hace cuánto? _____ ¿Con qué frecuencia? (días por semana/ mes, horas dedicadas) _____

IV. Antecedentes de malabarismo

¿Ha practicado malabarismo? _____ ¿Hace cuánto / Desde hace cuánto? _____

¿Cómo aprendió? _____

¿Cuántos días practica por semana? _____ ¿Por cuántas horas? _____

¿Cuántas pelotas domina actualmente sin esfuerzo? _____

¿Cuál es el número máximo de pelotas que puede dominar? _____ ¿Por cuántos tiros? _____