

---

# Efecto del malabarismo sobre la cognición en personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores

*Effect of juggling on cognition in older adults with limited mobility of the lower extremities*

*Altas habilidades no domínio específico da matemática: Uma revisão sistemática de achados empíricos em neurocognição*

---

RECIBIDO: 04 noviembre 2022

ACEPTADO: 20 febrero 2023

Anaid J. Vera-Romero<sup>1</sup> Mario Rodríguez-Camacho<sup>1</sup> Hermelinda Salgado-Ceballos<sup>1,2</sup> Jorge Bernal-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México  
Avenida de los Barrios Número 1, Colonia Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México

<sup>2</sup> Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social  
Av. Cuauhtémoc 330, esquina av. Baja California, Col. Doctores, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06720, Ciudad de México, México

## RESUMEN

El malabarismo es una actividad que produce cambios estructurales cerebrales y cognitivos benéficos a partir del movimiento coordinado de las extremidades superiores del cuerpo, por lo que se propone como una herramienta de intervención para mejorar la cognición en personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores. Se evaluó el funcionamiento cognitivo en cinco mujeres de la tercera edad que practicaron malabarismo durante seis meses y que fueron pareadas por edad, escolaridad, entrenamiento rutinario y nivel de deterioro cognitivo, con un grupo control. Las mujeres del grupo de malabarismo obtuvieron mejores puntuaciones en pruebas de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria en comparación con sus controles. Adicionalmente, las participantes sin deterioro o con deterioro moderado del grupo que practicó malabarismo, mejoraron su desempeño en tareas de memoria de trabajo visual y habilidades visoespaciales y presentaron mayor estabilidad en el funcionamiento cognitivo global. Se sugiere que el malabarismo puede considerarse como una actividad físico-recreativa que permite preservar y mejorar las funciones cognitivas en personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores.

**Palabras Clave:** Malabarismo; envejecimiento; ejercicio físico; actividades físico-recreativas; funcionamiento cognitivo.

**Keywords:** Juggling; aging; physical exercise; physical-recreational activities; cognitive function.

**Palavras-chave:** superdotação matemática; altas habilidades matemáticas; talento matemático; educação matemática; neurocognição; revisão sistemática.

**Correspondencia:** Jorge Bernal Hernández. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de los Barrios Número 1, Colonia Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México, México. Correo: [jbernal@unam.mx](mailto:jbernal@unam.mx)



### ABSTRACT

Juggling is a coordination exercise that produces beneficial brain structural and cognitive changes from the coordinated movement of the upper limbs of the body. It is therefore proposed as an intervention tool to improve cognitive functioning in older adults with limited lower limb mobility. Cognitive functioning was assessed before and after intervention in a group of five elderly women who practiced juggling for six months and were matched by age, schooling, routine training, and level of cognitive impairment with five women who did not practice juggling and who formed the control group. Women in the juggling group scored better on planning, processing speed, cognitive flexibility, and memory tests compared with women in the control group. Moreover, participants without cognitive impairment or with moderate cognitive impairment of the juggling group improved their performance in tasks related to visual working memory and visuospatial skills and showed greater stability in global cognitive functioning. In this sense, we suggest juggling as a physical-recreational activity that allows preserving and improving cognitive functions in older adults with limited lower limb mobility.

### RESUMO

O objetivo deste artigo é fornecer uma perspectiva sobre o desenvolvimento da pesquisa do estudo das altas habilidades, enfatizando o domínio específico da matemática. Com base em uma abordagem específica de pesquisa bibliográfica, com a metodologia PRISMA, realizamos uma revisão sistemática da literatura existente sobre o assunto na década de 2011-2020 em coleções internacionais. Examinamos 15 artigos empíricos sobre alta habilidade em matemática em uma área principal: neurocognição. Achados relevantes foram reunidos para identificar as habilidades cognitivas que predizem altas habilidades matemáticas e os mecanismos neurobiológicos subjacentes. Apresentamos de forma ordenada aquelas manifestações empíricas que contribuem para a definição de um perfil neurocognitivo de pessoas com altas habilidades em matemática. A análise desses resultados sugere alternativas para a identificação precoce de alunos com altas habilidades em matemática e o posterior desenvolvimento de seu talento. Por fim, propomos algumas lacunas que a literatura deixa pendentes para serem abordadas em pesquisas futuras.

En las últimas décadas, el estudio neuropsicológico de las personas mayores ha cobrado gran relevancia en virtud del crecimiento acelerado de este grupo etario, para el que se ha previsto un aumento de 1000 millones en 2020 a 2100 millones en el 2050, de los cuales alrededor de 426 millones tendrán más de 80 años (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

Este envejecimiento poblacional comenzó en países de ingresos más altos, sin embargo, actualmente se sugiere que los países de bajos y medianos ingresos son aquellos en los que se observarán mayores cambios, esperando que el 65% del total de la población de personas mayores residan en ellos para 2050 (OMS, 2021), lo cual, podría encontrarse relacionado con el crecimiento poblacional total esperado, siendo regiones como África del norte, Asia y Latinoamérica aquellas en las que se espera una mayor población (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, [UN] 2019).

Sin embargo, y de manera más particular, la proyección de los datos relacionados con el porcentaje de personas mayores con respecto a la población total por país, sugiere que se mantendrá un mayor porcentaje de este grupo etario en los países de ingresos más altos que en aquellos de bajos y medianos ingresos; teniéndose por ejemplo, en Europa y Norteamérica, un 22.1% para 2030 y un 26.1% para 2050 y, para Latinoamérica y el Caribe un, 12% y 19% para los mismos años (UN, 2019).

La presencia cada vez más importante de personas mayores a nivel mundial, puede considerarse como un logro social extraordinario, pero a la vez implica un desafío, ya que el envejecimiento es un proceso que involucra cambios fisiológicos, psicológicos y sociales en el individuo, con una amplia repercusión social (Collazo et al., 2010).

El envejecimiento también se acompaña de cambios cognitivos graduales en diferentes procesos incluyendo habilidades visoespaciales, atención, memoria, velocidad de procesamiento y alteraciones en la planificación, control atencional y memoria de trabajo, entre otros (Eckert, 2011; Podell et al., 2012).

Este declive en el funcionamiento cognitivo puede afectar otras áreas en las personas mayores, incluyendo aspectos como la independencia en actividades instrumentales de la vida diaria y la calidad de vida, por lo que las políticas en salud pública han planteado promover la salud y el envejecimiento exitoso en las personas mayores a través de diversas estrategias de intervención para atenuar o evitar el deterioro físico y cognitivo asociado al envejecimiento.

Aunque la manera en la que envejecemos está parcialmente determinada de forma genética, aproximadamente el 75% de la longevidad humana está determinada por factores modificables como la dieta, el estilo de vida y el nivel socioeconómico (Collerton et al., 2007).

Dentro del estilo de vida, la práctica de ejercicio físico es una de las actividades más reconocidas para disminuir algunos de los trastornos fisiológicos y cognitivos asociados a esta etapa, proponiéndose como un factor protector para evitar la dependencia y la discapacidad (Fragala et al, 2015; Liu et al, 2017).

La importancia de la preservación del funcionamiento cognitivo en las personas mayores, radica en la relación que se le ha otorgado con la funcionalidad (Royall et al., 2007), asimismo, se ha encontrado que procesos cognitivos como la memoria y las funciones ejecutivas se encuentran relacionados con el decremento en la capacidad para la realización de actividades instrumentales de la vida diaria (Tomaszewski Farias et al., 2009) y que las limitaciones funcionales asociadas al deterioro cognitivo se encuentran relacionadas con un mayor riesgo de desarrollar discapacidad funcional (Lau et al., 2015).

En términos generales, se ha descrito un efecto benéfico del ejercicio físico sobre el funcionamiento ejecutivo, la atención y la memoria (Guzmán-Cortés et al., 2015; Stillman et al., 2016) en personas mayores con y sin presencia de deterioro cognitivo; aunque los beneficios encontrados son más notables en aquellos que presentan deterioro cognitivo (Sanders et al., 2019).

Esta expresión conductual de una mejoría en el funcionamiento cognitivo se ha relacionado con procesos de neuroplasticidad como el aumento en el volumen de las sustancias gris y blanca en el hipocampo y en las cortezas temporal, frontal y parietal (Guzmán-Cortés et al., 2015; Stillman et al., 2016).

Estudios epidemiológicos, clínicos y experimentales controlados, mostraron que el ejercicio físico también es capaz de disminuir la frecuencia de aparición o la rapidez de progresión de enfermedades como insuficiencia coronaria (Cinquegrana et al., 2002), insuficiencia cardíaca (Akashi, et al., 2002), hipertensión arterial (Rheume et al., 2002), enfermedad cerebro vascular (Lee & Blair, 2002), diabetes mellitus tipo 2 (Kirk et al., 2001), osteoporosis (Venth, 2002) y cáncer de colon (Fairey et al., 2002). Aunado a lo anterior, se ha observado que el ejercicio físico ejerce una modulación positiva sobre funciones orgánicas generales y produce mejoras a nivel psicológico, caracterizado por mayor optimismo, menor ansiedad y mejor calidad del sueño (Chen & Millar, 1999). Todos estos cambios generan, en cualquier edad, un efecto positivo en la calidad de vida y una disminución de la morbimortalidad global (Lee & Skerrett, 2001).

Aunado a lo anterior, el envejecimiento también suele acompañarse de pérdida de la masa muscular y esquelética, lo que conlleva a un mayor riesgo de caídas y aumento en las limitaciones en la movilidad y el desplazamiento, disminución en la fuerza, dificultad para el mantenimiento de la postura y fallas en la precisión de los movimientos (Fragala et al., 2015; Liu et al., 2017), además de otro tipo de discapacidades que también pueden limitar y condicionar la movilidad, lo que podría representar una barrera para la práctica del ejercicio físico.

Generalmente las personas mayores a 65 años presentan dificultad de movimiento en un 18% y las mayores a 75 años en un 50% del total de la población de cada grupo de edad correspondiente (Torres-Haba & Dolores-Haro 2006). Lo anterior es relevante, ya que la movilidad física afecta todos los aspectos de la vida diaria, es una parte crucial de la vida independiente y, en el caso de las personas mayores, es crítica para alcanzar un envejecimiento exitoso debido a que es esencial para mantener el adecuado funcionamiento cognitivo, la independencia y la autonomía (Parker et al., 2001; Taylor et al., 2019).

Es por ello que, aquellos individuos con movilidad limitada de las extremidades inferiores tienen pocas opciones para mantener o mejorar su funcionamiento cognitivo durante el envejecimiento, por lo que es importante identificar estrategias de intervención aplicables a este sector de la población a fin de preservar, mejorar o evitar, en la medida de lo posible, el deterioro o pérdida de las funciones cognitivas.

En este contexto, se ha explorado el impacto de las actividades físico-recreativas y de los ejercicios de coordinación motora sobre la cognición, reportándose cambios en el procesamiento de información y un mejor desempeño en tareas relacionadas con atención y habilidades de procesamiento, así como en la manipulación de información visoespacial asociados a su práctica (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013). Más aún, se ha señalado que mientras mayor sea la complejidad de los ejercicios, se producen mayores beneficios, ya que su realización depende de circuitos frontales complejos (Best, 2010) y de diversos procesos cognitivos y perceptuales.

El malabarismo es un ejercicio de coordinación motora de complejidad ascendente, categorizado como un ejercicio anaeróbico de intensidad moderada, ya que involucra movimientos episódicos de corta duración y de intensidad variable, para el cual se requiere un gasto energético estimado de 4.0 METs (Ainsworth et al., 2011). Un MET es un equivalente metabólico que corresponde al esfuerzo físico que obliga a un consumo de oxígeno de 3.5 ml/minuto por kg de peso corporal. Se consideran actividades de intensidad moderada aquellas que exigen un gasto energético de 4 a 8 METs (5-10 kcal·min<sup>-1</sup>), de intensidad media a las que requieren de 8 a 12 METs (10-14 kcal·min<sup>-1</sup>) y, de intensidad elevada a las que superan los 12 METs (>14 kcal·min<sup>-1</sup>), (Pollock & Wilmore, 1990).

Debido a que el malabarismo es una tarea bimanual que requiere principalmente de movimientos de brazos y manos (Sampaio-Baptista et al., 2014), puede practicarse sentado (Berchicci et al., 2017), lo que lo convierte en una estrategia de intervención aplicable a personas con limitaciones motoras en los miembros inferiores. Es una actividad visomotora compleja (Sampaio-Baptista et al., 2014), que mantiene su fundamento esencial en elementos y relaciones espaciotemporales (Haibach et al., 2004), de coordinación sensoriomotora y búsqueda visual (Dessing et al., 2012), que se complementan con la participación de componentes temporales y de anticipación (Wolfensteller, 2009), así mismo, aun cuando la base motora necesaria para su producción es de carácter repetitivo, requiere de una secuencia compleja de sincronización de los movimientos de las manos (Haibach et al., 2004) y del entrenamiento de habilidades y aspectos específicos para su correcta ejecución por lo que depende de elementos cognitivos y perceptuales que requieren de coordinación motora fina, coordinación ojo-mano, orientación espacial y reacción a los objetos en movimiento (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013),

La adquisición de las habilidades necesarias para la ejecución del malabarismo sigue un proceso gradual, que pasa por una etapa cognitiva que depende de la concentración para analizar el patrón de desempeño, una etapa asociativa en la que disminuye el nivel de pensamiento acerca del desempeño y, una etapa autónoma en la cual se domina la habilidad y el esfuerzo consciente es mínimo, llevando a una automatización de la tarea (Jarvis, 2006), aunque siempre es posible incrementar el nivel de dificultad durante su ejecución agregando más objetos o patrones para regresar a una etapa cognitiva compleja, convirtiéndolo en una actividad ampliamente moldeable (Beek & Lwebel, 1995).

Por otra parte, al ser un ejercicio que no necesita experiencia previa ni habilidades físicas como resistencia o flexibilidad para completar la tarea, que depende más de estrategias de control y aprendizaje y, que no se limita ante la pérdida de la masa muscular de los practicantes (Yamamoto & Tsutsui, 2021) o por la disminución de la movilidad de las extremidades inferiores, constituye una actividad susceptible de practicarse a lo largo de todo el ciclo de vida, desde los 5 hasta los 89 años (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006), o incluso a mayor edad.

Aunque la investigación en el área del malabarismo desde el ámbito de las neurociencias es relativamente nueva y existen pocos estudios al respecto, se ha identificado una relación entre la práctica de esta actividad y ciertos cambios estructurales cerebrales y funcionales.

En este contexto, se ha observado que adultos jóvenes expertos en malabarismo, en comparación con sujetos control, tienen un mayor volumen cortical en las áreas temporomediales de la corteza visual (hMT/V5), visual

secundaria (V2), áreas motoras (áreas de Brodmann 6 y 9), corteza premotora izquierda y surco intraparietal bilateral (Gerber et al., 2014) con uno, tres o seis meses de práctica se ha observado un aumento del volumen de la sustancia gris bilateral en hMT/V5, surco intraparietal izquierdo (Draganski et al., 2004), giro frontal superior, giro temporal medial, corteza cingulada (Boyke et al., 2008), sustancia blanca subyacente al surco intraparietal (Sholz et al., 2009) y corteza parietal (Boyke et al., 2008; Sampaio-Baptista et al., 2014; Sholz et al., 2009). Aunque aparentemente estos cambios no dependen de la intensidad o desempeño alcanzado y disminuyen después de suspender el entrenamiento, se mantienen por arriba del nivel identificado en la línea base (Boyke et al., 2008).

Fisiológicamente, se han encontrado diferencias en la latencia del potencial cortical relacionado con el movimiento (Berchicci et al., 2017) y modificaciones en las señales inhibitorias y la conectividad cerebral en estado de reposo a partir de variaciones en la concentración de GABA (Sampaio-Baptista et al., 2015), lo que sugiere una base neurofisiológica asociada a su aprendizaje.

Respecto a su impacto en el funcionamiento cognitivo, se ha observado que a partir de la práctica del malabarismo, existe una mejoría en tareas de rotación mental, lo que ha permitido incrementar la velocidad de procesamiento de niños (Jansen et al., 2011) y adultos (Jansen et al., 2009), así como el desempeño de niños con espina bífida (Lehmann & Jansen, 2012). También, se ha reportado que adultos jóvenes malabaristas tienen un mejor desempeño en tareas que evalúan control inhibitorio, toma de decisiones, memoria y atención relacionados con estímulos visuales, al ser comparados con adultos jóvenes no practicantes de esta actividad (Vera-Romero, 2017).

Aunque en las personas mayores se han reportado cambios en el volumen de hMT/V5, corteza frontal, corteza cingulada, hipocampo y giro precentral después de 3 meses de entrenamiento en el malabarismo (Boyke et al., 2008), la investigación aún es limitada y no existe evidencia específica sobre su impacto en la conducta o el funcionamiento cognitivo de personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores, por lo que para identificar si esta actividad tiene un efecto positivo en esta población, el presente trabajo exploró el efecto de un programa de malabarismo en personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores y con diferentes niveles de deterioro cognitivo, esperando que sea una actividad que mejora el funcionamiento cognitivo en sus practicantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Participantes

En el presente estudio se incluyeron 10 mujeres de la tercera edad residentes de una fundación para personas mayores de la Ciudad de México. Se evaluaron cinco participantes, voluntarias de entre 65 y 105 años (edad media= 85.2,  $DE=14.35$  años), que conformaron el grupo que realizó ejercicios de malabarismo (grupo malabarismo) y que fueron pareadas en cuanto a edad, escolaridad, antigüedad en la fundación, nivel de deterioro cognitivo y tipo de actividad rutinaria (manualidades o ejercicios de estiramiento y caminata asistida) con otras cinco participantes que integraron el grupo sin entrenamiento en malabarismo (grupo control: edad media=87.2,  $DE=11.45$  años).

Todas las participantes eran diestras y presentaban movilidad limitada de las extremidades inferiores por lo que requerían el uso de silla de ruedas o bastón, contaban con un adecuado control farmacológico de enfermedades y no presentaban limitaciones motoras en extremidades superiores, enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas. Las participantes y sus familiares brindaron su consentimiento para su participación en el estudio, el cual fue avalado por el Comité de Ética de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Instrumentos

Todos los instrumentos empleados cuentan con datos normativos para población mexicana o equivalente, las participantes que superaron la edad máxima establecida en las pruebas se compararon con el grupo de mayor edad disponible. Ambos grupos fueron evaluados antes y después de la intervención con los instrumentos referidos en la table 1

**Tabla 1.** Instrumentos aplicados para evaluar el estado afectivo y las funciones cognitivas.

Instrumentos	
<b>Estado afectivo</b>	-Escala geriátrica de depresión de Yesavage ([GDS]; Delgado, 1993) -Inventario de Ansiedad de Beck ([BAI]; Sanz, 2014)
<b>Deterioro cognitivo</b>	-Evaluación neuropsicológica breve ([Neuropsi Breve]; Ostrosky et al., 2015)
<b>Funcionamiento cognitivo</b>	-Figura compleja de Rey -Osterrieth ([FCR-O]; Rivera, Perrin, Morlett-Paredes, et al., 2015) -Test Stroop ([TS]; Rivera, Perrin, Stevens, et al., 2015) -Test modificado de clasificación de cartas Wisconsin ([M-WCST]; Arango-Lasprilla et al., 2015) -Torre de Londres ([ToL; Culberston & Zillmer, 2009) -Subpruebas Neuropsi Atención y Memoria ([NAyM]; Ostrosky et al., 2008): Cubos en progresión y cubos en regresión -Subpruebas Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos ([WAIS-IV]; Wechsler, 2008): diseño con cubos, dígitos, búsqueda de símbolos y clave de números -Subpruebas Programa Integrado de Evaluación Neuropsicológica ([PIEN]; Peña, 1991): memoria de textos y aprendizaje de palabras

## Procedimiento

Las evaluaciones se realizaron antes y después de la intervención con seis meses de diferencia, tiempo durante el cual se implementó el programa de malabarismo. Este programa se basó en el malabarismo en cascada de tres pelotas a través de 9 niveles de dificultad. Se realizaron un total de 46 sesiones de una hora cada una, dos veces por semana. En cada sesión se mostraba y monitoreaba de forma personalizada el patrón de movimientos a realizar de acuerdo con cada nivel de dificultad.

La práctica del malabarismo se realizó utilizando bufandas enredadas a manera de pelota para facilitar la manipulación por parte de las participantes (Voelcker et al., 2006). Hubo 9 niveles de dificultad ascendente orientados a lograr el patrón de malabar en cascada con tres pelotas. El criterio para avanzar hacia un nivel con mayor dificultad fue lograr 30 tiros continuos de acuerdo con lo estipulado para cada nivel (por ejemplo 30 tiros con sus respectivas atrapadas de la pelota con una sola mano, de forma horizontal, en el nivel 1 y 30 ciclos de 3 tiros y atrapadas correctos en el nivel 9), siguiendo la siguiente categorización:

1. Una bufanda con trayectoria horizontal de mano a mano
2. Una bufanda con trayectoria vertical en una sola mano
3. Una bufanda con trayectoria elíptica de mano a mano
4. Una bufanda con trayectoria elíptica de mano a mano con aplauso intermedio
5. Dos bufandas en trayectoria vertical en cada mano alternando movimientos
6. Dos bufandas con trayectoria elíptica y otra en trayectoria horizontal
7. Dos bufandas con trayectoria elíptica de forma simultánea
8. Dos bufandas con trayectoria elíptica a destiempo
9. Tres bufandas con trayectoria elíptica

Las participantes del grupo control no realizaron la actividad de intervención (malabares) durante el periodo de estudio. Sin embargo, al igual que las participantes del grupo de malabarismo, siguieron realizando las actividades institucionales y también se les realizaron dos visitas mensuales individuales con una duración aproximada de una hora con el propósito de mantener el contacto con ellas, monitorear su estado de ánimo y brindar apoyo en caso de ser necesario.

## **Análisis de datos**

Para el análisis de los datos, se emplearon las puntuaciones directas y puntos de corte para las pruebas NAYM, GDS y BAI; para todas las demás pruebas las puntuaciones fueron transformadas a puntuaciones normalizadas; en aquellos participantes que superaron la edad máxima establecida en las pruebas, se realizó una comparación con el grupo de mayor edad disponible: 85 años.

Se realizó un análisis cuantitativo de los datos obtenidos para la comparación de grupos y un análisis cualitativo por cada una de las cinco diadas control-experimental, en que se reagruparon las participantes considerando la edad y el nivel de deterioro cognitivo.

Se analizaron los procesos cognitivos de atención, habilidades visoespaciales, planificación, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y memoria. Las pruebas y puntuaciones utilizadas para medir cada proceso se describen en la tabla 2.

Para cada proceso se calculó un índice de cambio entre el período pre y post intervención, dividiendo la puntuación obtenida en cada variable en el período post-intervención, entre la obtenida en el período pre-intervención. Para cada grupo se promediaron los índices de cada una de las puntuaciones normalizadas alcanzadas en cada proceso, lo cual proporcionó la medida del cambio que hubo entre las dos mediciones, donde valores igual a 1 significan puntuaciones iguales en ambas evaluaciones; valores <1 significan una menor puntuación en la segunda evaluación, mostrando un empeoramiento en el desempeño y, un valor >1 significa una mayor puntuación en la segunda evaluación, indicando una mejora en el desempeño.

Se realizó un análisis estadístico utilizando la prueba U de Mann-Whitney con el software STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2004) para comparar las variables demográficas y el índice de cambio por proceso, entre ambos grupos.

El análisis cualitativo de cada diada se basó en los índices de cambio obtenidos para cada puntuación por participante y se complementó con las observaciones conductuales obtenidas durante los procesos de evaluación y las sesiones de intervención, y la descripción cualitativa de las puntuaciones con relación a las normas, considerando fallas graves (puntuación por debajo de 2 DE), fallas leves (entre 1 y 2 DE) y desempeño normal (1 DE).

**Tabla 2.** Descripción de las puntuaciones consideradas para cada proceso evaluado.

PROCESO	INSTRUMENTO	PUNTUACIÓN
<b>Atención</b>	Subprueba WAIS-IV: Dígitos	Elementos orden directo
	Subprueba NAYM: Cubos de Corsi	Elementos orden directo
<b>Habilidades visoespaciales</b>	Subprueba WAIS-IV: diseño con cubos	Puntuación total
	Figura compleja de Rey-Osterrieth	Puntuación copia
<b>Planificación</b>	Torres de Londres	Total correctas Movimientos totales
	Torre de Londres	Violaciones totales
<b>Control inhibitorio</b>	Test Stroop	Total palabra-color Índice interferencia
	Test de clasificación de cartas Wisconsin (M-WSCT)	Categorías correctas Errores perseverativos Total errores Porcentaje perseveraciones
<b>Memoria de trabajo</b>	Subprueba WAIS-IV: dígitos	Elementos orden inverso Elementos orden creciente Puntuación total
	Subprueba NAYM: Cubos de Corsi	Elementos orden inverso
<b>Velocidad de procesamiento</b>	Torre de Londres	Tiempo de inicio Tiempo de ejecución Tiempo Total Violación tiempo
	Test Stroop	Total palabras Total color
	Subprueba WAIS-IV: Clave de números	Puntuación total
	Subprueba WAIS-IV: Búsqueda de símbolos	Puntuación total
	Subpruebas PIEN: Memoria textos	Textos inmediato espontáneo Textos inmediato preguntas Textos diferido espontáneo Textos diferido pregunta
<b>Memoria</b>	Subpruebas PIEN: Aprendizaje de palabras	Aprendizaje de palabras
	Figura compleja de Rey-Osterrieth	Puntuación recuerdo



## RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas entre grupos respecto a la edad ( $Z=-0,31$ ,  $p>0,05$ ), escolaridad ( $Z=1,56$ ,  $p>0,05$ ) ni antigüedad en la Fundación para Ancianos ( $Z=-0,62$ ,  $p>0,05$ ).

### Programa de intervención

Después de 6 meses de practicar el malabarismo, las participantes del grupo experimental alcanzaron diferentes niveles de dificultad al término de la intervención: la participante de 65 años logró alcanzar el último nivel de dificultad del programa (nivel 9), la participante 3 alcanzó el nivel 7, las participantes 2 y 4 alcanzaron el nivel 6 y la participante de mayor edad únicamente alcanzó el nivel 4, probablemente debido a que tenía debilidad visual.

### Depresión y ansiedad

Solo la participante 3 del grupo control presentó indicadores de depresión en ambas evaluaciones. No se identificaron indicadores de ansiedad para ninguna de las participantes.

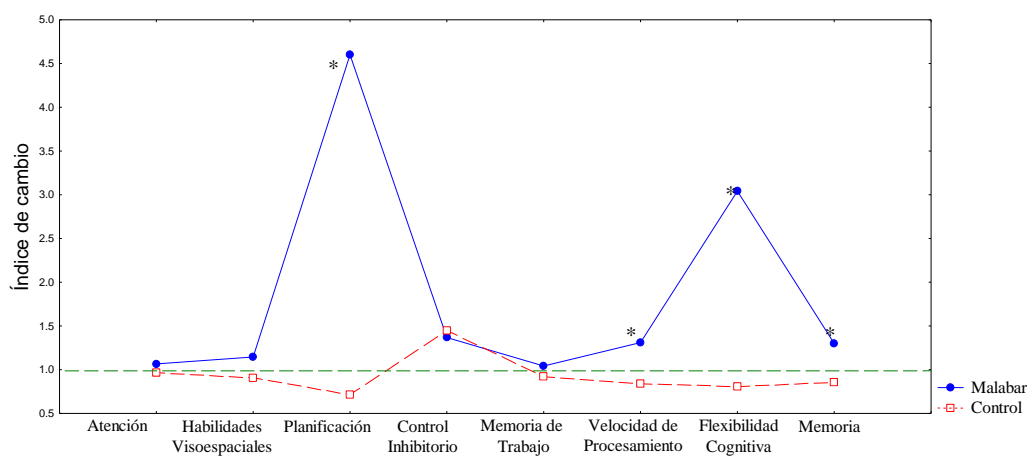
### Funcionamiento cognitivo

#### Comparación entre grupos

Como se puede observar en la figura 1, el grupo que practicó malabarismo tuvo un índice de cambio mayor a 1 en el período post-intervención en todos los procesos evaluados, encontrándose diferencias significativas en planificación ( $Z=1,96$ ,  $p<0,05$ ), velocidad de procesamiento ( $Z=2,30$ ,  $p<0,05$ ), flexibilidad cognitiva ( $Z=1,30$ ,  $p<0,05$ ) y memoria ( $Z=2,08$ ,  $p<0,05$ ), siendo esto más notorio en planificación y flexibilidad cognitiva donde el índice de cambio fue mayor a 3; de forma contraria, en el grupo control no hubo ningún cambio en el desempeño, encontrándose índices iguales o menores a 1.

FIGURA 1

Índice de cambio obtenido por las participantes del grupo que recibió la intervención (práctica del malabarismo) y el grupo control.



### Resultados Cualitativos

#### Nivel de deterioro cognitivo

Dado que se ha planteado que los beneficios que se pueden obtener con el ejercicio físico dependen del nivel de deterioro cognitivo (Sanders et al., 2019), se realizó una categorización y análisis de cada diada de acuerdo con las puntuaciones obtenidas en la prueba Neuropsi Breve. Debido a que no existen baremos de comparación para las participantes mayores a 85 años, el nivel de deterioro se ajustó a esta puntuación.

Las participantes de la diada 1 fueron las únicas categorizadas sin deterioro cognitivo; las participantes restantes puntuaron con deterioro cognitivo moderado (diadas 3 y 4) y severo (diadas 2 y 5). Estas categorizaciones se mantuvieron en ambos momentos de la evaluación, observándose que las participantes 1, 3 y 5 del grupo de malabarismo, tendieron a mantener o aumentar sus puntuaciones con relación a sus controles, denotando un mejor funcionamiento cognitivo.

En la tabla 3 se describen los índices de cambio obtenidos por cada diada por proceso, considerados para el análisis cualitativo.

**Tabla 3.** Índice de Cambio obtenido por proceso por diada.

Nivel de deterioro	Diada 1		Diada 2		Diada 3		Diada 4		Diada 5	
	Sin deterioro		Severo		Moderado		Moderado		Severo	
	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
<b>Edad</b>	65	71	82	85	85	85	89	93	105	102
<b>Atención</b>	0.95	1	0.87	1	1.26	1	1.25	0.81	1	1
<b>Hab. Visoespaciales</b>	1.32	1	0.78	1	1.29	1	1.18	0.54	-	-
<b>Planificación</b>	1.3	0.93	-	0.39	4.5	-	8	0.83	-	-
<b>Control Inhibitorio</b>	1.5	3.44	0.58	0.49	2.66	0.87	0.63	1	-	-
<b>Memoria de trabajo</b>	1	0.89	1	0.89	1.22	0.9	0.91	0.91	-	-
<b>Velocidad procesamiento</b>	1.16	0.89	1	0.84	1.22	0.77	1.89	0.83	-	-
<b>Flexibilidad cognitiva</b>	6.63	0.97	1.08	0.66	1.24	1	3.2	0.56	-	-
<b>Memoria</b>	1.88	1.06	1	0.75	1.23	0.84	1.08	0.60	1	1

*Diada 1: <75 años sin deterioro cognitivo.*

La participante del grupo que practicó malabarismo mejoró en todos los procesos evaluados a excepción de atención, siendo los más beneficiados flexibilidad cognitiva (IC=6,63) y memoria (IC=1,88). Asimismo, en la tarea de diseño con cubos obtuvo una puntuación promedio en la primera evaluación y una puntuación por arriba del promedio en la segunda (IC=1,5) y, en la prueba de ToL obtuvo un puntaje correspondiente a fallas graves en la evaluación pre-intervención y uno correspondiente a fallas leves en la evaluación post-intervención (IC=2). Mientras que su control mantuvo el mismo desempeño en todos los procesos, antes y después de la intervención (IC=1).

*Diada 2: >80 años con deterioro cognitivo severo*

Ambas participantes tendieron a disminuir en las puntuaciones obtenidas en los diferentes procesos evaluados, sin embargo, se encontró una estabilidad en memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria (IC=1) en la participante que practicó el malabarismo, mientras que la participante control presentó peores puntajes en estas mismas pruebas en la segunda evaluación (IC=0,89, 0,84, 0,66 y 0,75 respectivamente). Aunado a lo anterior, la participante que practicó el malabarismo, mantuvo el mismo desempeño en tareas de atención y flexibilidad cognitiva (IC=1), mientras que su control pasó de presentar fallas leves a tener fallas graves (IC=0,5) y de tener un desempeño promedio a mostrar fallas leves en las tareas de diseño con cubos del WAIS-IV y en el ToL (IC=0,5).

*Diada 3: 85 años con deterioro cognitivo moderado*

Se encontró un mejor desempeño en todos los procesos para la participante que practicó malabarismo, siendo los más beneficiados los de planificación (IC=4,5) y control inhibitorio (IC=2,66), mientras que su control mantuvo el mismo desempeño en ambos puntos de la evaluación para todos los procesos (IC=1). Adicionalmente, la participante que practicó malabarismo pasó de presentar fallas graves a tener un desempeño promedio en ToL y TS (IC=3).

*Diada 4: >85 años con probable deterioro cognitivo moderado*

La participante con la intervención de malabarismo mejoró en todos los procesos evaluados a excepción del de control inhibitorio, siendo los procesos más beneficiados planificación (IC=8) y flexibilidad cognitiva (IC=3,2), mientras que su control mantuvo el mismo desempeño en ambos puntos de la evaluación para todos los procesos (IC=1).

La participante que realizó malabarismo pasó de tener fallas muy graves a presentar un desempeño promedio en ToL y TS (IC=4) y de mostrar fallas leves a tener un desempeño promedio (IC=3) en las subpruebas del PIEN.

*Diada 5: > 100 años con probable deterioro cognitivo severo*

Ambas participantes presentaban debilidad visual que no pudo ser corregida, por lo que únicamente se aplicaron las tareas verbales, para las cuales tuvieron una puntuación similar en ambas evaluaciones en los procesos de atención, memoria de trabajo y memoria (IC =1).

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo se exploró el efecto de un programa de malabarismo en el funcionamiento cognitivo de personas de la tercera edad con diferente nivel de deterioro cognitivo y movilidad limitada de las extremidades inferiores.

La implementación del programa de malabarismo se realizó en mujeres de 65 a 105 años, y en todos los casos las participantes lograron la ejecución del malabarismo en niveles superiores a los que iniciaron, durante los 6 meses que duró la intervención. No obstante, la velocidad de aprendizaje, el desempeño obtenido y el nivel máximo de destreza alcanzado fue heterogéneo y concuerda con lo descrito en investigaciones realizadas por otros grupos (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006), observándose que la participante de 65 años fue la que alcanzó el nivel más alto, mientras que la participante de 105 años alcanzó un nivel menor, comparada con las demás participantes.

Cabe destacar que, en el presente estudio, el programa de malabarismo fue aplicable en todas las participantes independientemente del nivel de deterioro cognitivo; la participante sin deterioro cognitivo alcanzó un mayor grado de dificultad en el programa, mientras que las participantes con deterioro cognitivo moderado y grave, tuvieron un desempeño similar entre sí, lo que sugiere que el nivel de deterioro cognitivo no es una limitante para la práctica del malabarismo.

En relación con el funcionamiento cognitivo, se encontró que las participantes que recibieron la intervención con malabarismo tendieron a mejorar o a mantener el nivel de deterioro cognitivo en comparación con sus correspondientes controles, encontrándose diferencias significativas positivas en los procesos de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria, que fueron identificables aún en las participantes con deterioro cognitivo moderado y grave. Con relación a la influencia de la edad, para la participante de mayor edad, 105 años, se encontró un avance en el grado de aprendizaje de malabarismo, aunque no se encontraron diferencias en la evaluación neuropsicológica antes y después del programa de intervención, lo mismo que sucedió con su control equivalente. Sin embargo, no fue posible establecer de forma concluyente si esto se debió al nivel de debilidad visual, a limitaciones de los instrumentos que permitieron únicamente la evaluación de la modalidad verbal, o debido a que la edad representa un factor de peso que compromete la eficacia del programa de intervención.

Lo cierto es que existe poca información acerca de intervenciones basadas en el aprendizaje de habilidades motoras implementadas en personas mayores de 90 años. Sin embargo, se ha sugerido que a mayor edad, menor posibilidad de identificar efectos positivos significativos en el funcionamiento ejecutivo al realizar ejercicio físico, probablemente porque los procesos de neuroplasticidad se ven comprometidos o limitados en personas de edad avanzada (Tzu et al., 2020), lo que podría explicar lo observado en la presente investigación.

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportados en otros 3 estudios (Jansen et al., 2009; 2011; y Vera-Romero, 2017) y parcialmente congruentes con el perfil neuropsicológico asociado a la práctica de malabarismo en niños y adultos jóvenes, en quienes además, se han identificado beneficios en los procesos de rotación mental (Lehmann & Jansen, 2012), velocidad de procesamiento (Jansen et al., 2009; 2011), control inhibitorio, toma de decisiones, memoria y atención relacionados con procesos visoespaciales (Vera-Romero, 2017).

Estos beneficios pueden explicarse por la complejidad del entrenamiento ya que cada movimiento corporal trae consigo una consecuencia en la trayectoria de los objetos lanzados y 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, debido a que cualquier movimiento erróneo puede afectar la trayectoria de los objetos lanzados y la secuencia de tiros del patrón de cascada, para lo cual el malabarista requiere de un correcto funcionamiento ejecutivo que le permita seleccionar el movimiento más adecuado a fin de afectar en el menor grado posible su ejecución. A pesar de que en la presente investigación no se identificaron diferencias significativas al analizar el índice de cambio entre los grupos estudiados respecto a las habilidades visoespaciales, cuando se analizaron los casos individuales se encontró un aumento en las puntuaciones obtenidas en la condición de copia de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth en la participante sin deterioro cognitivo y en

ambas participantes con deterioro cognitivo moderado, lo que podría indicar que la mejoría en este proceso depende del nivel de deterioro cognitivo previo, aunque es necesario estudiar este proceso en un mayor número de casos con distinto nivel de deterioro cognitivo.

Es posible que los efectos benéficos obtenidos en el funcionamiento cognitivo después del entrenamiento de malabarismo, se puedan relacionar con hallazgos estructurales reportados en trabajos previos en los que se identificó un aumento en el volumen del área hMT/V, la cual se relaciona estrechamente con el procesamiento visoespacial tanto en adultos jóvenes (Boyke et al., 2008; Draganski et al., 2004; Sampaio-Baptista et al., 2014; Sholz et al., 2009) como en personas mayores (Boyke et al., 2008), mientras que las diferencias encontradas en la memoria pueden asociarse con el aumento en el volumen del hipocampo reportado a partir de la práctica de malabarismo en este grupo etario (Boyke et al., 2008).

No obstante, se ha observado que estos cambios estructurales del cerebro disminuyen cuando se suspende la práctica del malabarismo (Boyke et al., 2008; Draganski et al., 2004). En este sentido, es importante estudiar al malabarismo como una actividad que pudiera aplicarse a lo largo del tiempo, tomando en cuenta que su práctica permite una escalada constante en su nivel de dificultad, lo que favorece que se mantenga una constante demanda cognitiva para su correcta ejecución (Laughlin et al., 2015).

Considerando que por lo general las personas mayores a 65 años presentan dificultad de movimiento (Torres-Haba & Dolores-Haro 2006) y, que la coexistencia de las afectaciones en la movilidad y la cognición son comunes en las etapas tardías de la vida, es importante diseñar estrategias y actividades físico-recreativas y ejercicios de coordinación motora de acuerdo a los intereses y preferencias personales que permitan mantener la adherencia al programa de intervención y cierto grado de actividad física regular en las personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores, a fin de mantener el mejor funcionamiento cognitivo posible y el mayor nivel de independencia y autonomía en esta población.

El efecto benéfico del malabarismo puede estar relacionado, al menos en parte, con los procesos fisiológicos asociados con el gasto energético que se requiere para desarrollar dicha actividad, el cual se ha estimado en 4.0 METs (Ainsworth et al., 2011), lo que lo ubica como una actividad de intensidad moderada (Pollock & Wilmore, 1990). Así, el malabarismo puede equipararse a otras actividades de intensidad moderada como una caminata de 5 km/hora, bajar escaleras considerando de 60-70 escalones/minuto o pasear en bicicleta a 15 km/hora, ya que todas ellas se consideran actividades de intensidad moderada (Escolar et al., 2003), lo cual se relaciona con algunos aspectos fisiológicos como la activación de la circulación sanguínea (Pollock & Wilmore, 1990), la liberación de neurotrofinas y la activación de procesos de plasticidad del sistema nervioso. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la variación de los parámetros personales también modifica proporcionalmente el esfuerzo a realizar (Escolar et al., 2003).

## CONCLUSIONES

El malabarismo es una actividad físico-recreativa y perceptomotora compleja que puede practicarse por personas mayores con movilidad limitada de las extremidades inferiores y con diferentes niveles de deterioro cognitivo, siendo aplicable incluso en personas mayores de 100 años que se encuentren en silla de ruedas. Esta actividad física puede mejorar los procesos ejecutivos de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria, al menos durante su práctica, por lo que podría constituir una actividad física alternativa ante otras actividades cuya práctica requiere de la integridad del aparato locomotor.

### Limitaciones del estudio

Debido a las características de la muestra, no fue posible incrementar su tamaño, lo cual deberá hacerse incluyendo también personas mayores del sexo masculino.

### Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN310619 y el Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnologías (Conahcyt) CVU 853631

## ORCID Autores

Anaid J. Vera-Romero, MSc<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1922-2845>  
Mario Rodríguez-Camacho, PhD<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8014-2206>  
Hermelinda Salgado-Ceballos, PhD<sup>1, 2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0715-9263>  
Jorge Bernal-Hernández, PhD<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8989-3639>

## REFERENCIAS

- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Meckes, S. D., Nathanael, H., Jr., D. R. B., Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J., Leon, M. C., & S., W.-G. A. (2011). Compendio de Actividades Físicas 2011. 1–17.
- Akashi, Y., Koike, A., Osada, N., Omiya, K., & Itoh, H. (2002). Short-term physical training improves vasodilatory capacity in cardiac patients. *Japanese heart journal*, 43(1), 13-24.
- Arango-Lasprilla, J. C., Rivera, D., Longoni, M., Saracho, C. P., Garza, M. T., Aliaga, A., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., Rábago, B., Sutter, M., Schebela, S., Luna, M., Ocampo-Barba, N., Galarza-Del-Angel, J., Bringas, M. L., Esenarro, L., Martínez, C., García-Egan, P., & Perrin, P. B. (2015). Modified Wisconsin Card Sorting Test (M-WCST): Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation*, 37(4), 563–590.
- Beek, P., & Lwebel, A. (1995). The science of juggling. *Scientific American*, 273(5), 92–97.
- Berchicci, M., Quinzi, F., Dainese, A., & Di Russo, F. (2017). Time-source of neural plasticity in complex bimanual coordinative tasks: Juggling. *Behavioural Brain Research*, 328(October), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.04.011>
- 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.
- Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Training-induced brain structure changes in the elderly. *Journal of Neuroscience*, 28(28), 7031–7035.
- Chen, J., & Millar, W. J. (1999). Health effects of physical activity. *Health Reports-statistics Canada*, 11, 21-30.
- Cinquegrana, G., Spinelli, L., D'Aniello, L., Landi, M., D'Aniello, M. T., & Meccariello, P. (2002). Exercise training improves diastolic perfusion time in patients with coronary artery disease. *Heart Disease (Hagerstown, Md.)*, 4(1), 13-17.
- Collazo Ramos, M. I., Calero Ricardo, J. L., & Rodríguez Cabrera, A. L. (2010). Necesidades, realidades y posibilidades del sistema de salud cubano para su enfrentamiento al envejecimiento poblacional. *Revista Cubana de Salud Pública*, 36, 155-159.
- Collerton, J., Barrass, K., Bond, J., Eccles, M., Jagger, C., James, O., ... & Kirkwood, T. (2007). The Newcastle 85+ study: biological, clinical and psychosocial factors associated with healthy ageing: study protocol. *BMC geriatrics*, 7(1), 1-7.
- Culberston, W., & Zillmer, E. (2009). Tower of London. Drexel University.
- Delgado. (1993). Escala de depresión geriátrica -Test de Yesavage-.
- Dessing, J. C., Rey, F. P., & Beek, P. J. (2012). Gaze fixation improves the stability of expert juggling. *Experimental Brain Research*, 216, 635–644.
- 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.
- Eckert, M. A. (2011). Slowing down: Age-related neurobiological predictors of processing speed. *Frontiers in Neuroscience*, 5(MAR), 1–13.
- Escolar Castellón, J. L., Pérez Romero de la Cruz, C., & Corrales Márquez, R. (2003, August). Actividad física y enfermedad. In *Anales de medicina interna* (Vol. 20, No. 8, pp. 43-49). Arán Ediciones, SL.

- Fairey, A. S., Courneya, K. S., Field, C. J., & Mackey, J. R. (2002). Physical exercise and immune system function in cancer survivors: a comprehensive review and future directions. *Cancer*, *94*(2), 539-551.
- Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine*, *45*(5), 641-658.
- Gerber, P., Schlaffke, L., Heba, S., Greenlee, M. W., Schultz, T., & Schmidt-Wilcke, T. (2014). Juggling revisited - A voxel-based morphometry study with expert jugglers. *NeuroImage*, 95.
- Guzmán-Cortés, J. A., Villalva-Sánchez, A. F., & Bernal, J. (2015). Cambios en la estructura y función cerebral asociados al entrenamiento aeróbico a lo largo de la vida. Una revisión teórica. *Anuario de psicología*, *45*(2), 203-217.
- 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.
- Jansen, P., Lange, L., & Heil, M. (2011). The influence of juggling on mental rotation performance in children. *Biomedical Human Kinetics*, *3*(2011), 18-22.
- Jansen, P., Titze, C., & Heil, M. (2009). The influence of juggling on mental rotation performance. *International Journal of Sport Psychology*.
- Jarvis, M. (2006). *Sport psychology: A student's handbook*. Taylor & Francis.
- Lau, K. M., Parikh, M., Harvey, D. J., Huang, C. J., & Farias, S. T. (2015). Early cognitively based functional limitations predict loss of independence in instrumental activities of daily living in older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *21*(9), 688-698.
- Laughlin, D. D., Fairbrother, J. T., Wrisberg, C. A., Alami, A., Fisher, L. A., & Huck, S. W. (2015). Self-control behaviors during the learning of a cascade juggling task. *Human Movement Science*, *41*, 9-19.
- Lee, C. D., & Blair, S. N. (2002). Cardiorespiratory fitness and stroke mortality in men. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(4), 592-595.
- Lee, I. M., & Skerrett, P. J. (2001). Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation?. *Medicine & science in sports & exercise*, *33*(6), S459-S471.
- 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.
- Liu, C.; Chang, W.P; Araujo de Carvalho, I.; Savage, K. E. L.; Radford, L. W., & Thiyagarajan, J. A. (2017). Effects of physical exercise in older adults with reduced physical capacity: meta-analysis of resistance exercise and multimodal. *40*(4).
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). *Envejecimiento y salud*. Organización Mundial de la Salud. [Envejecimiento y salud \(who.int\)](https://www.who.int)
- Ostrosky-Solis, F, Ardila A, & Rosselli M. (2015). *Neuropsi: Evaluación Neuropsicológica Breve en Español*.
- Ostrosky-Solis, F, Gómez, E, Matute, E, Rosselli, M, Ardilla A, & Pineda, D. (2008). *Neuropsi Atención y Memoria 6 a 85 años*.
- Peña-Casanova, J. (1991). Programa integrado de exploración neuropsicológica-test barcelona: bases teóricas, objetivos y contenidos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, *11*(2), 66-79.
- Podell, J. E., Sambataro, F., Murty, V. P., Emery, M. R., Tong, Y., Das, S., Goldberg, T. E., Weinberger, D. R., & Mattay, V. S. (2012). Neurophysiological correlates of age-related changes in working memory updating. *NeuroImage*, *62*(3), 2151-2160.
- Pollock, M. L. & Wilmore, J. H.(1990). *Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation* (2nd ed.). Saunders.
- Rhéaume, C., Waib, P. H., Lacourcière, Y., Nadeau, A., & Cléroux, J. (2002). Effects of mild exercise on insulin sensitivity in hypertensive subjects. *Hypertension*, *39*(5), 989-995.
- Rivera, D., Perrin, P. B., Morlett-Paredes, A., Galarza-Del-Angel, J., Martínez, C., Garza, M. T., Saracho, C. P., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., Rábago, B., Aliaga, A., Schebela, S., Luna, M., Longoni, M., Ocampo-Barba, N., Fernández, E., Esenarro, L., García-Egan, P., & Arango-Lasprilla, J. C. (2015). Rey-Osterrieth Complex Figure-copy and immediate recall: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation*, *37*(4), 677-698.

- Rivera, D., Perrin, P. B., Stevens, L. F., Garza, M. T., Weil, C., Saracho, C. P., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., Rábago, B., Weiler, G., García De La Cadena, C., Longoni, M., Martínez, C., Ocampo-Barba, N., Aliaga, A., Galarza-Del-Angel, J., Guerra, A., Esenarro, L., & Arango-Lasprilla, J. C. (2015). Stroop Color-Word Interference Test: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation*, 37(4), 591–624.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Kaufer, D., Malloy, P., Coburn, K. L., & Black, K. J. (2007). The cognitive correlates of functional status: a review from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 19(3), 249-265.
- Sampaio-Baptista, C., Filippini, N., Stagg, C. J., Near, J., Scholz, J., & Johansen-Berg, H. (2015). Changes in functional connectivity and GABA levels with long-term motor learning. *NeuroImage*, 106, 15–20.
- Sampaio-Baptista, C., Scholz, J., Jenkinson, M., Thomas, A. G., Filippini, N., Smit, G., Douaud, 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.
- Sanders, L. M., Hortobágyi, T., la Bastide-van Gemert, S., van der Zee, E. A., & van Heuvelen, M. J. (2019). Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *PLoS one*, 14(1), e0210036.
- Sanz, J. (2014). Recomendaciones para la utilización de la adaptación española del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI) en la práctica clínica. *Clínica y salud*, 25(1), 39-48.
- Sholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. J., & Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white matter architecture. *Nat Neurosci*, 12(11), 1370–1371.
- StatSoft, I. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7.0.
- Stillman, C. M., Cohen, J., Lehman, M. E., & Erickson, K. I. (2016). Mediators of physical activity on neurocognitive function: a review at multiple levels of analysis. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 626.
- Tomaszewski Farias, S., Cahn-Weiner, D. A., Harvey, D. J., Reed, B. R., Mungas, D., Kramer, J. H., & Chui, H. (2009). Longitudinal changes in memory and executive functioning are associated with longitudinal change in instrumental activities of daily living in older adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 23(3), 446-461.
- Torres-Haba, R. & Dolores-Haro M. (2006). *Inmovilidad, Tratado de geriatría para residentes*. Editorial Internacional márquetin & comunicación .S.A.
- Tzu, F., Jennifer, C., Kuei, L. E., Chan, H., Kun, P., Tsung, C., Hung, M., & Chang, Y. K. (2020). Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults : A Systematic Review and Meta - Analysis. *Sports Medicine*, 50(8), 1451–1467.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. ST/ESA/SER.A/423.
- Venth, R. T. (2002). Role of physical activity for the prevention and rehabilitation of osteoporosis. *Zeitschrift fur Gastroenterologie*, 40, S62-S7.
- Vera-Romero, A. J. (2017). Cambios neuropsicológicos asociados a la práctica de malabarismo [UNAM].
- 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.
- 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.
- Wechsler, D. (2008). Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-IV. Manual Moderno.
- Wolfensteller, U. (2009). Juggling with the brain — thought and action in the human motor system. *Progress in Brain Research*, 174, 289–301.
- Yamamoto, K., & Tsutsui, S. (2021). Differences in anchoring strategy underlie differences in coordination in novice jugglers. *Acta Psychologica*, 215 (February), 103273.