



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTIVA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DEL DEPORTE UNIVERSITARIO
DIRECCIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE

CAMBIOS AGUDOS EN LA
MEMORIA DE TRABAJO VISUO-ESPACIAL
DESPUÉS DE UNA SESIÓN DE EJERCICIO AERÓBICO
EN JUGADORES DE AJEDREZ

TESIS

PARA OBTENCIÓN DEL GRADO DE ESPECIALISTA EN
MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTIVA

PRESENTA

Dr. José María Arteaga Rojas

TUTOR

Dr. Agustín Eduardo Aguilar Martínez

Médico Especialista en Medicina de la Actividad Física y Deportiva

Ciudad de México, octubre 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 MEMORIA: DEFINICIÓN Y SUBTIPOS	3
2.2 MEMORIA DE TRABAJO: DEFINICIÓN Y SUBTIPOS	4
2.3 MEMORIA DE TRABAJO VISUO-ESPACIAL (MTV-E)	5
2.4 PRUEBA DE CORSI	6
2.5 DIFERENCIAS EN LA MTV-E DE ACUERDO AL SEXO Y A LA EDAD	8
2.6 EJERCICIO: DEFINICIÓN Y TIPOS	9
2.7 EJERCICIO Y MEMORIA	10
2.8 BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA RELACIÓN EJERCICIO-MEMORIA	11
2.9 AJEDREZ: DEFINICIÓN Y RELACIÓN CON EL EJERCICIO	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
5. CONSIDERACIONES ÉTICAS	17
6. MATERIAL Y MÉTODOS	18
TIPO DE ESTUDIO	18
UNIVERSO	18
POBLACIÓN	18
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	18
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	18
RECURSOS	19
7. PROCEDIMIENTO	19
7.1 SELECCIÓN DE MUESTRA	19
7.2 IPAQ	20
7.3 PRUEBA CORSI BLOCK TEST	20
7.4 PRUEBA DE ESFUERZO	21
7.5 DESARROLLO DEL ESTUDIO	21
8. DEFINICIÓN DE VARIABLES	23
9. RESULTADOS	24
9.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	25
9.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
9.3 ANÁLISIS CASO POR CASO	31
10. DISCUSIÓN	33
11. CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO 1. PRUEBA DE ESFUERZO	43
ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO	46
ANEXO 3. CUESTIONARIO IPAQ (VERSIÓN CORTA)	47
ANEXO 4. ESCALA DE BORG	52
ANEXO 5. CRITERIOS DE SEATTLE	53

1. Introducción

El estudio de los cambios en variables fisiológicas producidos por la práctica de ejercicio representa actualmente una de las líneas de investigación más relevantes dentro de la medicina del deporte. Sin embargo, no todas las variables han sido investigadas al mismo nivel. Este es el caso de las cognitivas, cuyo estudio, marginal con respecto al resto, presenta un amplio espectro de innovación.

El rango de aplicación de posibles mejoras en las variables cognitivas como resultado del ejercicio abarca desde mejoras en el aprendizaje hasta el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, el Parkinson y otro tipo de demencias. En el ámbito deportivo, se estudia el impacto de dichas variables en el desempeño del atleta.

Una de las variables cognitivas más estudiada es la memoria. Ésta desempeña un papel esencial en la inteligencia, la conciencia, la personalidad y el juicio. No obstante, aún no se ha encontrado un modelo certero que explique el funcionamiento de la memoria. Existen múltiples modelos que dividen la memoria en función de su temporalidad, su localización anatómica y su interrelación con otros procesos cognitivos. El presente estudio se enfocará en el modelo de memoria de trabajo y sus subcomponentes, en particular la memoria de trabajo visuoespacial (MTV-E por sus siglas en inglés).

La memoria de trabajo es una memoria de corta duración que utiliza la información proveniente de estímulos sensoriales y los asocia con memorias de larga o mediana duración para ejecutar funciones mentales complejas como lo son el aprendizaje, el razonamiento, el lenguaje, etc. Según los modelos de Baddeley y Hitch, la memoria de trabajo se divide en tres subcomponentes: central ejecutiva, memoria de trabajo visuoespacial, y el bucle

fonológico; dicha división está basada en la localización, información y estructuras de asociación que utilizan.

Varios estudios han registrado mejoras, tanto agudas como crónicas, en la memoria de trabajo como consecuencia de la realización de ejercicio aeróbico. Sin embargo, a la fecha no existen estudios que identifiquen el subcomponente determinante de dichas mejoras.

La presente investigación utilizará al jugador de ajedrez como sujeto de estudio por dos razones. La primera de ellas; la MTV-E y el bucle fonológico son cruciales para el desempeño deportivo del ajedrecista. Aunque con resultados mixtos, algunos estudios han intentado determinar cuál de estos dos tipos de memoria predomina, siendo a la fecha la MTV-E el subcomponente considerado el más importante. El segundo motivo es la gran inactividad física de los ajedrecistas que aumenta la susceptibilidad de manifestar cambios en variables fisiológicas y cognitivas posterior a realizar ejercicio.

La intención de este estudio es observar los cambios en la MTV-E posterior a una sesión de ejercicio aeróbico en ajedrecistas pertenecientes a la UNAM.

2. Marco Teórico

2.1 Memoria: definición y subtipos

La memoria es una función mental superior que se define como “la capacidad de retener y evocar eventos del pasado mediante procesos neurobiológicos de almacenamiento y recuperación de la información básica en el aprendizaje”¹. La memoria se divide en subtipos según sus características clínicas y neuroanatómicas. La categorización más conocida distingue dos tipos de memoria en función del tiempo de retención de la información: la memoria a largo plazo y la memoria a corto plazo ².

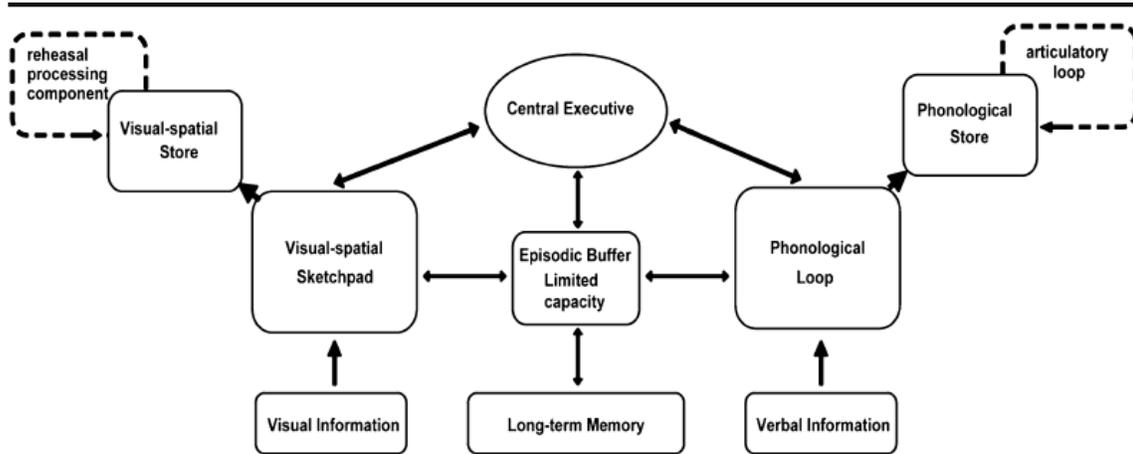
Ésta última contiene a su vez subcomponentes que aplican de manera distinta la información en la resolución de problemas, en el razonamiento, el lenguaje y el aprendizaje. La memoria de trabajo forma parte de dichos subcomponentes.

2.2 Memoria de trabajo: definición y subtipos

Baddeley y Hitch, en su estudio de 1974, definen la memoria de trabajo como un “sistema cerebral que provee almacenamiento y manipulación temporal de la información necesaria para tareas cognitivas complejas como la comprensión del lenguaje, aprendizaje y razonamiento”². La memoria de trabajo es por lo tanto un proceso cognitivo de corta duración (aproximadamente de 10 a 20 segundos) que resulta esencial en la codificación de información sensorial, y cuya aplicación es fundamental para la toma de decisiones y la resolución de problemas.

Para facilitar su estudio, la memoria de trabajo se ha subdividido en varios componentes que han sufrido cambios en su función y nomenclatura a lo largo de los años. Actualmente los subcomponentes más estudiados son los propuestos originalmente por Baddeley y Hitch, es decir la memoria de trabajo central ejecutiva, la memoria de trabajo visuo-espacial (MTV-E) y el bucle fonológico (cf. figura 1). Estos subcomponentes comparten estructuras neuroanatómicas y están interconectados entre sí. Sin embargo, cada subcomponente se activa de manera dominante dependiendo de la tarea a realizar.

Figura 1. Esquematación de los subcomponentes de la memoria de trabajo



Recuperado: "Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts and models". McAfoose J, Baune (2009). *Neuropsychol Rev*;19(1):130-42

2.3 Memoria de Trabajo Visuo-Espacial (MTV-E)

Es la capacidad para determinar la identidad y el significado de un objeto, así como su localización en el espacio³. La codificación visuo-espacial debe ser flexible y eficiente para poder generar decisiones rápidas y acertadas en un ambiente dinámico (iluminación ambiental, posición y tamaño del objeto, etc). Aunque las funciones de la MTV-E son complejas, existe evidencia de su presencia a nivel anatómico, neurofisiológico, imagenológico, y clínico⁴⁻⁶.

Uno de los problemas que presenta el estudio de las funciones cognitivas superiores es la dificultad para medir de manera fidedigna la función deseada, sin que la interferencia de otras funciones mentales⁷. Además, se debe tomar en cuenta la especificidad del dominio durante la medición de variables cognitivas ya que, para una misma población, los resultados de pruebas distintas diseñadas para medir la misma variable varían en función del dominio

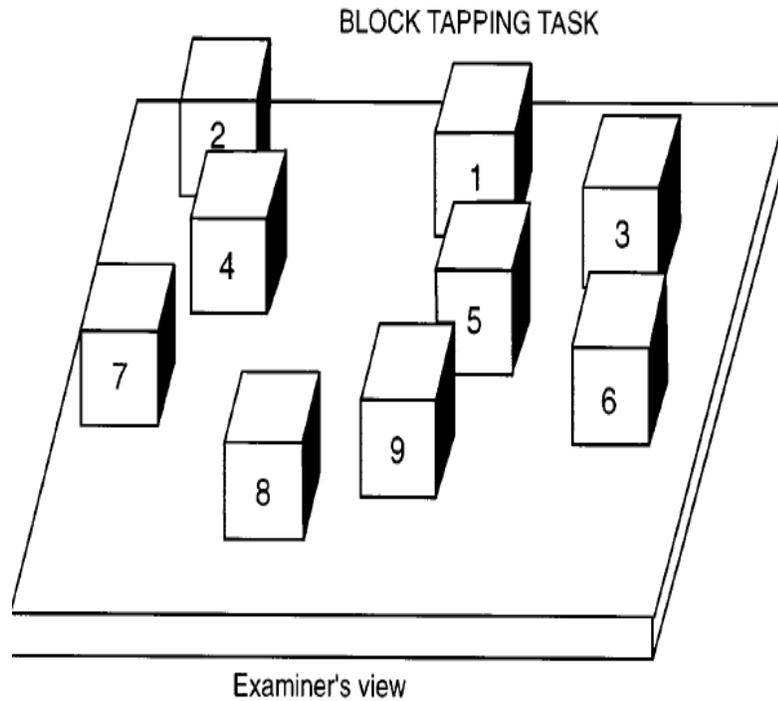
que mida con mayor especificidad la prueba. Por ejemplo, en el caso de la MTV-E, se trata del dominio espacial o el visual^{5,7}.

Dentro de este contexto, la MTV-E ha sido medida por una batería distinta de pruebas, de las cuales la prueba de Corsi Block ha mostrado la mayor popularidad, aplicabilidad y validez.

2.4 Prueba de Corsi

Creada en 1972, la prueba de Corsi Block es una prueba que consiste en la presentación de nueve bloques colocados frente al paciente en una disposición específica (cf. figura 2). El aplicador toca con un dedo los bloques con un patrón aleatorio, y posteriormente se pide al paciente que reproduzca la secuencia antes realizada. Se pueden realizar hasta tres secuencias por etapa, estableciendo el margen de error para considerarla completada. De hecho, las condiciones óptimas de aplicación son: dos secuencias por etapa y un margen de error de 50%. La calificación de la prueba se realiza por diversos métodos como el porcentaje de secuencias completadas, el número de bloques recordados o el número de la última etapa completada correctamente, siendo éste el método más específico para medir la MTV-E.⁸

Figura 2. Esquema de la disposición espacial de cubos en la prueba Corsi

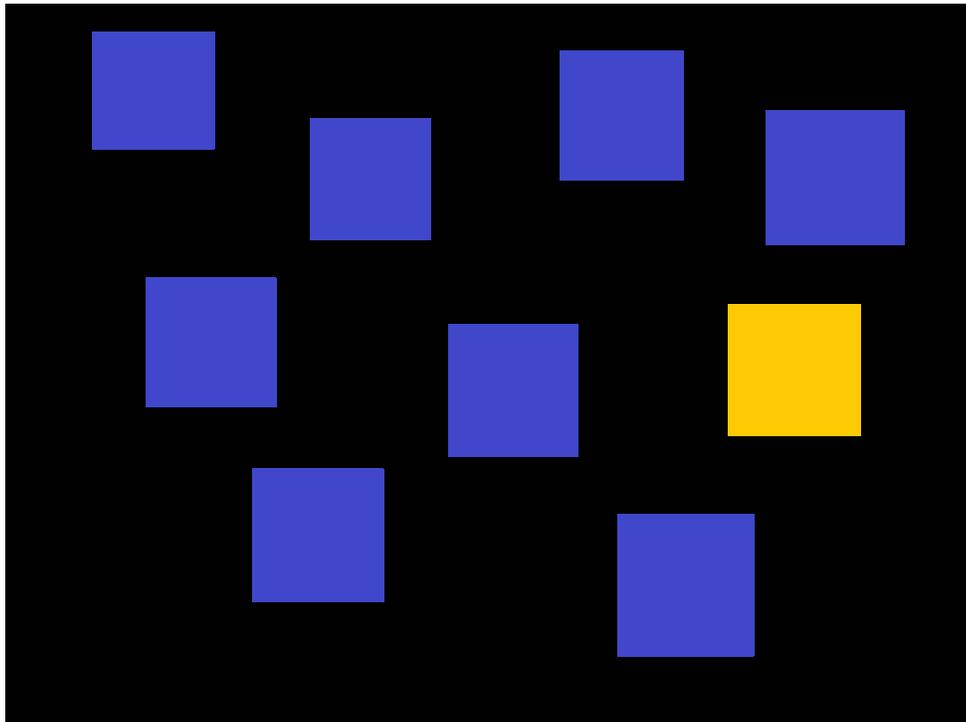


Recuperado : "The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data". Kessels RPC et al 2000; Applied Neuropsychology 7(4):252-8.

Actualmente existen versiones digitales de la prueba que han sido validadas con la prueba original de 1972. La versión digital consiste en nueve cuadrados puestos en una disposición similar a la prueba original sobre un fondo negro o blanco. Posteriormente, se elige de manera aleatoria una secuencia previamente programada, asociada a distintos niveles de dificultad que aumentan de manera gradual conforme se completan las etapas (cf. figura 3). La prueba digital de Corsi Block (también conocida como eCorsi) es más cómoda de aplicar en comparación con la original ya que reduce el estrés del paciente inherente a la prueba. Asimismo, las secuencias pueden ser programadas con mayor exactitud, disminuyendo el sesgo del aplicador y estandarizando los tiempos de aplicación. Por último,

la eCorsi recopila otros datos que serían complicados de medir en la prueba original, como el tiempo de reacción y el tiempo de ejecución.⁹

Figura 3. **Disposición espacial de recuadros en la prueba eCorsi**



Recuperado: “eCorsi: implementation and testing of the Corsi block-tapping task for digital tablets. Brunetti, R., Del Gatto, C., & Delogu, F. (2014). *Frontiers in psychology*, 5, 939.

2.5 Diferencias en la MTV-E de acuerdo al sexo y a la edad

Como todas las funciones mentales superiores, la MTV-E es una función que madura con la edad. Según el estudio de Rowe, la maduración anatómica y funcional de la MTV-E alcanza su culmen a los 18 años¹⁰. No obstante, la MTV-E muestra un declive en los adultos mayores a partir de una edad media de 65 años¹¹. En cuestión de sexo, las mujeres muestran valores inferiores a aquellos de los hombres en las pruebas de MTV-E, independientemente de la edad.^{10,12}

2.6 Ejercicio: definición y tipos

El ejercicio es un tipo de actividad física que consiste en un movimiento corporal repetitivo, planeado y estructurado con la intención de mejorar o mantener uno o más componentes de la condición física y la salud¹³. El ejercicio puede ser aeróbico o anaeróbico. El ejercicio aeróbico es cualquier actividad que utilice rutas metabólicas dependientes de oxígeno, que sea mantenida en el tiempo y sea rítmica, por ejemplo, caminar, correr, andar en bicicleta, bailar y nadar. El ejercicio anaeróbico, por el contrario, utiliza rutas metabólicas independientes del oxígeno inhalado, a través de sustratos almacenados dentro de los músculos, en un periodo corto de tiempo. Algunos ejemplos de ejercicios anaeróbicos son los sprints, el entrenamiento interválico de alta intensidad y el levantamiento de pesas. Ambos tipos de ejercicio provocan cambios agudos y adaptaciones crónicas en distintos sistemas y aparatos corporales como el cardiovascular, inmunológico, cognitivo, etc.¹⁴

Estas adaptaciones y cambios son dependientes de las variables del ejercicio que están contenidas en el acrónimo FITT (Frecuencia Intensidad Tiempo Tipo). El control y la correcta aplicación de dichas variables para obtener las adaptaciones deseadas es conocido como prescripción del ejercicio. Así pues, una de las variables de mayor importancia es la intensidad, que puede ser ligera, moderada o vigorosa y que se mide a través de distintos métodos como la frecuencia cardíaca máxima, la frecuencia cardíaca de reserva, el consumo de oxígeno (VO₂) de reserva, la escala de Borg de percepción del esfuerzo y la prueba del habla. Para fines de este estudio, se utilizará la intensidad moderada, cuya definición será en cuestión de equivalentes metabólicos (3 a 5.9) o 40-60% de la frecuencia cardíaca de reserva y VO₂ max.¹³

2.7 Ejercicio y memoria

El ejercicio en su modalidad aeróbica y anaeróbica ha sido sujeto de investigación en años recientes por sus efectos benéficos a nivel de la cognición, con poblaciones de estudio que van desde niños preescolares (mejorando el rendimiento escolar) hasta adultos mayores con enfermedades como demencia, Alzheimer o Parkinson. Éstos últimos manifestaron, gracias al ejercicio, un aumento en la neuroplasticidad, mejora de la calidad de vida y reducción en la carga de proteína Beta Amiloide a nivel cerebral en la enfermedad de Alzheimer¹⁵⁻¹⁷.

Una de las líneas de investigación encaminadas a la mejora de la cognición se ha enfocado en el estudio de la memoria de trabajo, y en específico la memoria de trabajo visuo-espacial (MTV-E). Así pues, varios estudios han encontrado mejorías clínicas agudas y crónicas en la memoria de trabajo, con ejercicio aeróbico y de fuerza. Sin embargo, debido al sesgo de interferencia de las pruebas utilizadas, no se ha podido concluir sobre si estas mejorías suceden exclusivamente en la memoria de trabajo o si se apoyan en cambios de otros sistemas cerebrales, como la atención o el razonamiento. Tampoco se ha determinado el subcomponente de la memoria de trabajo que favorece dicha mejoría.^{17,18}

Estudios murinos han observado mejoras -agudas y crónicas- significativas a nivel molecular y anatómico en la MTV-E, lo cual sugiere que dichos cambios podrían presentarse en modelos humanos. No obstante, tanto las características del ejercicio en animales como las pruebas utilizadas para la medición de las funciones mentales no siempre son reproducibles en modelos humanos.¹⁹

A pesar de las mejoras de la MTV-E encontradas, algunos estudios han presentado resultados mixtos^{16,20}. A la fecha, no existen estudios que relacionen de manera concluyente

cambios (agudos o crónicos) en la MTV-E en modelos humanos posterior a una sesión de ejercicio aeróbico.

2.8 Bases neurofisiológicas de la relación ejercicio-memoria

Tanto el ejercicio aeróbico como el anaeróbico en su modalidad de entrenamiento de fuerza, han demostrado generar un aumento en el volumen de las áreas cerebrales donde se integra la MTV-E, dentro de las cuales el hipocampo y la corteza prefrontal han sido las más estudiadas.¹⁷

A nivel molecular, el BDNF (*Brain Derived Neurotrophic Factor*) y el IGF.1 (*Insulin Growth Factor*), son moléculas pertenecientes a la familia de los neurotróficos que intervienen en la mejora de la cognición asociada al ejercicio (cf. figura 5). Su aumento en la plasticidad neuronal, la neurogénesis y los cambios anatómicos antes mencionados representan uno de los mecanismos propuestos de la mejora con el ejercicio^{17,21}. También se ha encontrado una relación directamente proporcional entre la condición cardiorrespiratoria -en específico los valores de VO₂ max- y los valores basales de BDNF (cf. figura 5).

Aunque los mecanismos específicos de la mejora en la memoria como resultado de un aumento de BDNF posterior al ejercicio aeróbico y de fuerza no han sido del todo esclarecidos, se han observado aumentos localizados de BDNF en las regiones anatómicas de mayor activación durante la recolección de memoria de trabajo, como la corteza prefrontal, donde el aumento del BDNF durante y posterior al ejercicio promueve la neurogénesis^{19,22}.

Actualmente no existe un consenso acerca del mecanismo del ejercicio que desencadena la liberación de BDNF. Existen teorías que relacionan el aumento del BDNF posterior al ejercicio con el aumento de lactato, la norepinefrina y las modificaciones transitorias del flujo

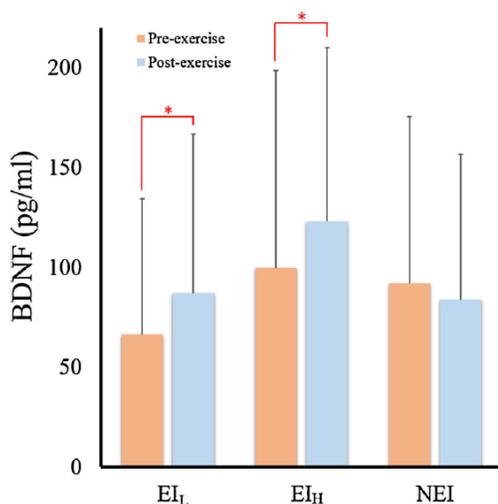
sanguíneo cerebral^{15,18,21}. Sin embargo, cabe resaltar que todos estos estudios dan por sentada una relación directamente proporcional entre los valores del BDNF periférico y el BDNF cerebral cuya medición directa es imposible, lo cual impide la validación de los resultados.

En la comparación entre ejercicio aeróbico y anaeróbico en su modalidad de entrenamiento de fuerza, el aeróbico es el único que muestra un aumento del BDNF.²³ A pesar de que ambas modalidades han demostrado mejoras cognitivas en agudo y adaptaciones crónicas, el ejercicio de fuerza provocaría dichos cambios a través de otras vías distintas al BDNF, como el AKT¹⁸.

En cuanto a la modalidad de ejercicio aeróbico que mayores mejoras en la memoria muestra, se ha encontrado una respuesta similar para una sesión o un programa continuo de ejercicio aeróbico. En una sola sesión, las mejoras de la memoria se presentan por el aumento transitorio del BDNF a nivel del sistema nervioso central, mientras que un programa continuo de ejercicio aeróbico potencia el aumento del BDNF posterior a la realización del ejercicio, sin modificar el efecto moderado de dicho aumento. El mecanismo de dicha potenciación no ha sido explicado en su totalidad, la teoría más estudiada ha sido un aumento en el BDNF basal, sin embargo esto ha sido ya descartado.¹⁹

Se ha observado que los efectos agudos del BDNF relacionados al ejercicio aeróbico son dependientes de tiempo. Los valores del BDNF periférico aumentan durante la realización del ejercicio y alcanzan su máximo incremento entre 10 y 60 minutos²³.

Figura 5. Cambios en el BDNF posterior a una sesión de ejercicio aeróbico



EIL: Grupo experimental con nivel de acondicionamiento bajo, EIH: Grupo experimental con nivel de acondicionamiento alto, NEI: grupo sin intervención de ejercicio

Recuperado de: “Impact of acute aerobic exercise and cardiorespiratory fitness on visuospatial attention performance and serum BDNF levels.” Tsai, C. L., Chen, (2014) *Psychoneuroendocrinology*, 41, 121-131.

2.9 Ajedrez: definición y relación con el ejercicio

El ajedrez es un juego entre dos personas, cada una de las cuales dispone de 16 piezas móviles que se colocan sobre un tablero dividido en 64 casillas. Cada ficha tiene un modo característico de desplazamiento en el tablero, lo cual confiere al juego un grado de estrategia y resolución de problemas elevado. Una partida de ajedrez concluye cuando la pieza con valor de “Rey” es tomada por el adversario. En la modalidad de ajedrez Blitz, los jugadores cuentan con un tiempo máximo de 5 a 10 minutos por jugada para completar una partida de 60 movimientos (el tiempo es controlado con reloj digital)⁶.

El ajedrez cuenta con una Federación Internacional, reconocida por el Comité Olímpico Internacional, por lo que en su formato competitivo es considerado un deporte. El nivel de

habilidad de cada jugador se clasifica de acuerdo con el sistema de puntuación Elo FIDE que va desde campeón del mundo hasta principiante.

El ajedrez resulta de particular interés por la dicotomía que representan las funciones cognitivas necesarias para su práctica:

-Visuo-espacialmente: el movimiento de las piezas a través del tablero

-Propositivamente (bucle fonológico): como una serie de protocolos verbales

Varios estudios han intentado esclarecer el componente de la memoria de trabajo predominante para el rendimiento en el ajedrez, con resultados mixtos. Un estudio demostró, a través de la supresión de la MTV-E por medio de distractores e impidiendo la visualización del tablero, que el nivel de habilidad del ajedrez depende de la MTV-E ²⁴. A pesar de la discordancia entre los hallazgos acerca de la MTV-E, los estudios de Grabner 2007 y Sala 2017 demuestran el papel esencial de la MTV-E en el nivel de habilidad del ajedrez ^{5,25}.

Un metaanálisis del 2017 encontró que los jugadores expertos de ajedrez tienen mejores capacidades cognitivas, incluida la MTV-E, en comparación con la población que no practica ajedrez ^{5,26}. Además, Unterrainer en 2006 encontró una mejora en la MTV-E, medida con el Corsi Block test, en los niveles de los jugadores expertos comparada con los jugadores novatos ²⁵.

A nivel deportivo, aunque el ajedrecista muestra una tendencia a niveles de actividad física bajos, su consumo máximo de oxígeno es promedio para su rango de edad ⁶. Sin embargo, no existen estudios que midan estas variables en la población mexicana.

3. Justificación

La memoria de trabajo visuo-espacial (MTV-E) es esencial para actuar en la vida cotidiana y para la toma de decisiones³. Así pues, la MTV-E ha sido también estudiada en el campo de la psicología deportiva ^{7,25} y como marcador de severidad y diagnóstico en enfermedades como Alzheimer, demencia y daño cerebral^{8,15}. En una revisión exhaustiva de la literatura sobre el tema se han encontrado estudios murinos que han observado mejoras significativas a nivel molecular y anatómico en la MTV-E; cambios en agudo y adaptaciones crónicas que sugieren que dichas mejoras podrían presentarse en seres humanos^{17,18}. No obstante, al tratar de reproducir lo encontrado en modelos animales en modelos humanos, se han encontrado resultados mixtos, debido en parte a las características del ejercicio utilizadas en los estudios animales, las cuales no se pueden comparar con las características del ejercicio normalmente realizado en un modelo humano, así como el tipo de pruebas que se utilizan, poco aplicables en un modelo humano^{17,21,27}.

La relevancia del presente estudio radica en demostrar que las mejorías observadas en la MTV-E después de una sesión de ejercicio aeróbico de los modelos animales también se presentan en el ser humano. En caso de establecer una mejoría observable en la MTV-E con una sesión de ejercicio aeróbico en esta investigación, se aumentará el entendimiento de la MTV-E, así como su aplicación en la mejora de los procesos cognitivos en adultos y niños sanos, pacientes con enfermedades mentales como Alzheimer, depresión y ansiedad^{15,21}, pudiendo abrir una línea de investigación dirigida a establecer las variables óptimas para la prescripción del ejercicio con fines del desarrollo de la MTV-E.

Existen estudios que han demostrado incrementos en la memoria de trabajo posterior a una sesión de ejercicio aeróbico no mayores a 10% ²⁰. En caso de que lo encontrado en

estudios murinos sea reproducible en el ser humano y la MTV-E sea el subcomponente determinante del aumento en la memoria de trabajo, la MTV-E aumentará el 10% esperado. La intención de este estudio de utilizar la prueba de Corsi Block para la medición de la MTV-E, es novedosa y no existe antecedente en la literatura de algún estudio que la utilice para medir los cambios de la MTV-E posterior a una sesión de ejercicio.

La prueba de Corsi-Block, considerada como la prueba no verbal más importante en el campo de la investigación neuropsicológica, se ha demostrado capaz de medir de manera específica y sensible la MTV-E y aislarla de los demás componentes de la memoria de trabajo. Actualmente existen versiones digitales de dicha prueba⁹, las cuales han sido validadas con la prueba original, mostrando beneficios como la comodidad de aplicación, elimina el sesgo del aplicador y son programables para variar en grados de dificultad. A pesar de su popularidad, no existen estudios que utilicen la prueba de Corsi en cualquiera de sus dos formatos (analógico y digital) para relacionar la MTV-E y el ejercicio, por lo que esta investigación sería pionera en utilizar esta prueba como herramienta de análisis de la MTV-E y el ejercicio⁸.

La decisión de realizar una sesión de ejercicio aeróbico sobre ejercicio de fuerza, radica en los estudios murinos que observaron el aumento de la MTV-E y su relación con el BDNF; el ejercicio de fuerza utiliza vías moleculares distintas al BDNF para mejorar la memoria.

La población fue elegida para este estudio, jugadores de ajedrez, en base a su tendencia al sedentarismo y a presentar valores bajos de aptitud física para su grupo de edad, lo que los convierte en una población ideal para mostrar respuestas en agudo con una sesión de ejercicio aeróbico⁶. Por lo observado en diversos estudios, los jugadores con mejor desempeño, tienen niveles de MTV-E más elevados, por lo que una potencial mejora en la MTV-E con el ejercicio aeróbico, significaría un aumento en el desempeño del ajedrecista²⁴.

4. Planteamiento del problema

- Objetivo

Analizar los cambios agudos provocados por una sesión de ejercicio aeróbico en la memoria de trabajo visuo-espacial en jugadores de ajedrez

- Objetivo secundario

Medir el nivel de actividad física de los jugadores de ajedrez y relacionarlo con sus niveles basales de MTV-E

- Pregunta de investigación

¿Cuáles son los cambios de la memoria de trabajo visuo-espacial, posterior a la realización de una sesión de ejercicio aeróbico?

- Hipótesis

Una sesión de ejercicio aeróbico resultará en un aumento del 10% de la MTV-E medido por la prueba de Corsi Block Test en los jugadores del equipo de ajedrez.

- Hipótesis nula

Una sesión de ejercicio aeróbico no mostrará cambios de la MTV-E medidos por la prueba de Corsi Black Test en los jugadores del equipo de ajedrez.

5. Consideraciones éticas

Por sus características, el proyecto de investigación no supone un riesgo para la salud del participante. No obstante, se dio un consentimiento informado (cf. anexo 2) por escrito en el cual se describen las problemáticas inherentes a la realización de una prueba de esfuerzo máximo y una sesión de ejercicio moderado; también se asegura la privacidad en el manejo

de la información recabada como resultado del cuestionario IPAQ, así como datos personales.

6. Material y métodos

Tipo de estudio

- Cuantitativo
- Experimental
- De intervención
- Aleatorizado
- Prospectivo

Universo

- Jugadores de ajedrez

Población

- Jugadores de ajedrez pertenecientes a la UNAM

Criterios de Inclusión

- Ser jugadores de ajedrez pertenecientes a la UNAM
- Tener entre 18 y 35 años
- Consentimiento del paciente por escrito

Criterios de exclusión

- Presentar lesiones osteo-musculares que comprometan la realización de ejercicio

- Tener discapacidad intelectual, visual o auditiva
- Ser portadores de Diabetes Mellitus tipo 2, hipertensión arterial o enfermedades cardiovasculares
- Estar en tratamiento con medicamentos nootrópicos, antidepresivos, psicoestimulantes, ansiolíticos o beta-bloqueadores

Recursos

- Consentimiento informado por escrito (cf. anexo 2)
- Cuestionario IPAQ versión corta de auto llenado traducido al español (2006) (cf. anexo 3)
- Banda sin fin marca quinton 1 Q-Stress tm55
- Telemetría realizada en aparato con sistema QUINTON modelo Q-TEL
- Electrodo de gomaespuma para Monitoreo 3M “ Red Dot” 2237
- Ipad air (iOS 12) con programa de prueba de Corsi Block Test con el programa Pathspan (cf. sección 3.1)

7. Procedimiento

7.1 Selección de muestra

La muestra se recolectó a partir de cuatro pláticas en el Centro de Estudios Superiores del Deporte en Ciudad Universitaria, dirigida a los jugadores inscritos en el programa de ajedrez de la UNAM. En las pláticas se expusieron las características del estudio, así como los potenciales beneficios para la práctica del ajedrez que resultarían del mismo.

Posteriormente se pidió un pre-registro de los interesados. Como parte del estudio se ofreció una valoración morfofuncional a realizar en la Dirección de Medicina del Deporte UNAM, sin ningún costo.

7.2 IPAQ

Se aplicó cuestionario IPAQ versión corta formato auto administrado-últimos 7 días, completamente traducido al español con el fin de medir los niveles de actividad física de los participantes.

7.3 Prueba Corsi Block Test

Se realizó la medición de la MTV-E con la prueba de Corsi Block Test, aplicada digitalmente en un iPad air 2 sistema operativo IOS 12.1.4, con el programa PathSpan versión 3.0. El diseño de la aplicación está basado en las normativas para la aplicación digital de la prueba Corsi Block (eCorsi) y ha sido validada en un entorno clínico.

Esta aplicación cuenta con instrucciones propias que aparecen al iniciarla, no obstante, se dieron nuevamente las instrucciones de forma verbal, explicando el desarrollo de la prueba, el carácter incremental de la dificultad y el número de objetos por secuencia, la dirección a la que se debía de reproducir la secuencia (hacia delante) y el número de intentos por nivel (dos). Se concedieron dos intentos de prueba para familiarizarse con el dispositivo y la forma de seleccionar las casillas. La aplicación cuenta con estímulos sonoros que indican el inicio y finalización de la secuencia, así como el momento en que se debe iniciar la reproducción de la misma. Una vez dadas las instrucciones, se dejaba al paciente realizar la prueba sentado en un ambiente relajado.

7.4 Prueba de esfuerzo

Se realizó una prueba de esfuerzo en banda sin fin, marca Quinton 1 Q-Stress tm55 , siguiendo el protocolo de Bruce (cf. anexo 1) para valoración de VO₂ pico, con la finalidad de descartar riesgo asociado a la realización de ejercicio y determinar rango de intensidades relativas de ejercicio aeróbico para la segunda visita.

7.5 Desarrollo del estudio

Se realizaron dos visitas. En la primera, se realizó una historia clínica completa para descartar comorbilidades que excluyeran al paciente del estudio, como diabetes, hipertensión arterial sistémica, lesiones osteomusculares agudas o crónicas que impidieran la realización de ejercicio, entre otras. Se aplicó cuestionario IPAQ para medir los niveles de actividad física de los participantes. Posteriormente se realizó la primera evaluación de la MTV-E con la prueba de Corsi Block Test, aplicada digitalmente con el programa PathSpan versión 3.0. Una vez hecha la prueba, se realizó una prueba de esfuerzo en banda sin fin con protocolo de bruce (cf. anexo 1) para valoración de VO₂ pico, con la finalidad de descartar riesgo asociado a la realización de ejercicio y determinar rango de intensidades relativas de ejercicio aeróbico para la segunda visita

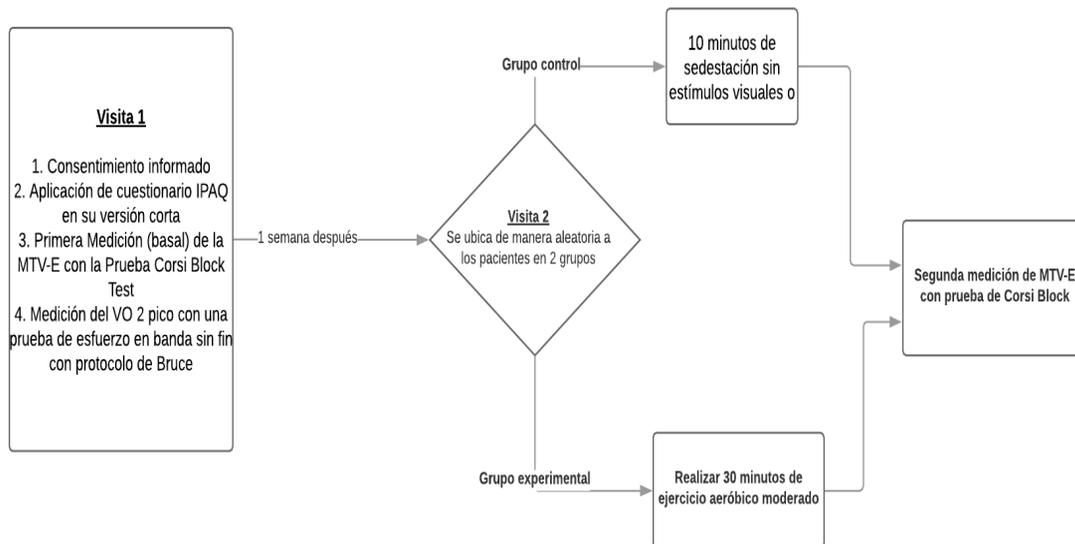
En la segunda visita, realizada en promedio una semana después de la primera evaluación (con un mínimo de 72 horas entre cada visita), se dividió a los participantes de manera aleatoria -al sacar un papel con los números 1 o 2 de un tazón cubierto que impedía la visibilidad- en dos grupos: un grupo control y otro experimental que realizó una dosis de ejercicio. Se solicitó a los participantes no realizar ejercicio o actividades físicas de intensidad moderada o vigorosa, así como consumir bebidas alcohólicas, café, medicamentos

nootrópicos, antidepresivos, psico-estimulantes, ansiolíticos o beta-bloqueadores, al menos 24 horas previas a la segunda visita.

El grupo control realizó la prueba Corsi Block Test, previo 10 minutos de sedestación sin estímulos visuales o auditivos.

El grupo experimental realizó una sesión de ejercicio aeróbico moderado individualizado por carga de trabajo correspondiente al 40%-60% del VO₂ de reserva según las guías del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM)¹³, con duración de 30 minutos. Después de un descanso activo de 3 minutos y uno pasivo de 7 minutos, se realizó la segunda medición de la prueba Corsi Block. (cf. figura 6)

Figura 6. Procedimiento de evaluación



8. Definición de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Tipo	Unidad
VO2 pico	Pico de consumo de oxígeno al máximo nivel tolerado de ejercicio por un sujeto ²⁸	Resultado de la fórmula $VO2_{max}=3.298 \times (\text{tiempo alcanzado en la prueba}) + 4.07$	Cuantitativa continua	ml.kg.min
Actividad física	Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija un gasto de energía	Categoría del cuestionario IPAQ o Kilo-Caloría/semana:	Cualitativa	Bajo, moderado, alto (IPAQ)
Memoria visuo-espacial	La capacidad de la memoria de trabajo para determinar la identidad y significado de un objeto, así como su localización en el espacio ³	Nivel de última etapa completada satisfactoria-mente en el test de eCorsi	Numérica finita	Etapas (test de Corsi)

9. Resultados

Se realizó el análisis de datos en el programa SPSS (IBM) versión de prueba 23.0. Participaron un total de 20 sujetos, de los cuales únicamente 11 completaron las dos visitas.

Los sujetos que realizaron la sesión de ejercicio completaron 30 minutos de ejercicio en los rangos establecidos.

Figura 7. Conformación de la muestra

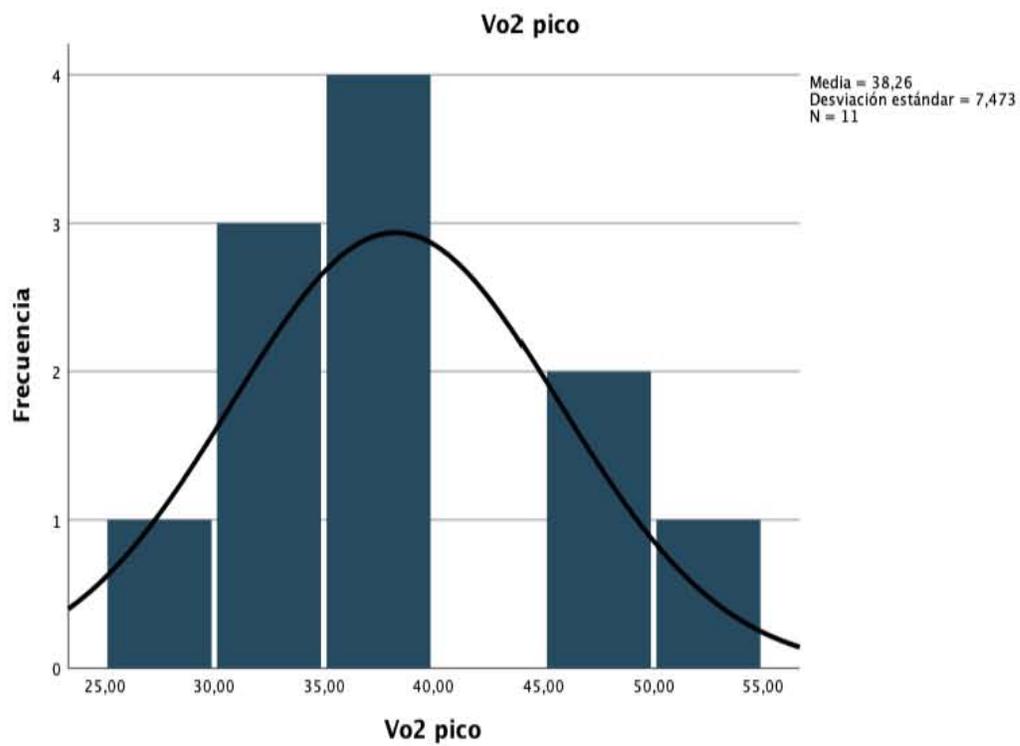


9.1. Análisis descriptivo

Participaron 11 sujetos de los cuales 8 son hombres, representando el 72% de la muestra. La media de edad fue de 23.39 años \pm 5.8. El VO₂ pico promedio fue de 38.6 ml/kg/min \pm 7.47. (cf. tabla 3)

Tabla 3. Análisis Descriptivo de edad y VO₂ pico de la muestra

	Edad	VO₂ pico
Media	23.39	38.26
Desviación estándar	5.841	7.473
Mínimo	18.90	29.00
Máximo	39.20	51.00



El valor de VO2 pico separado por sexo mostró una media de 40.49 ml/kg/min \pm 7.3 en hombres y 32.33 ml/kg/min \pm 4.1 en mujeres. (cf. tabla 4)

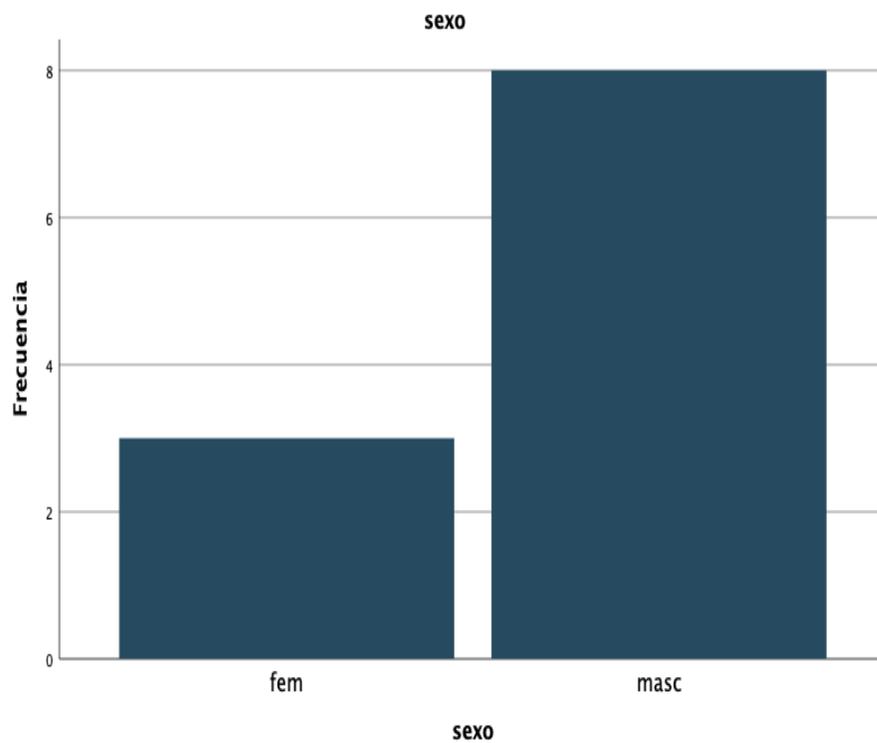
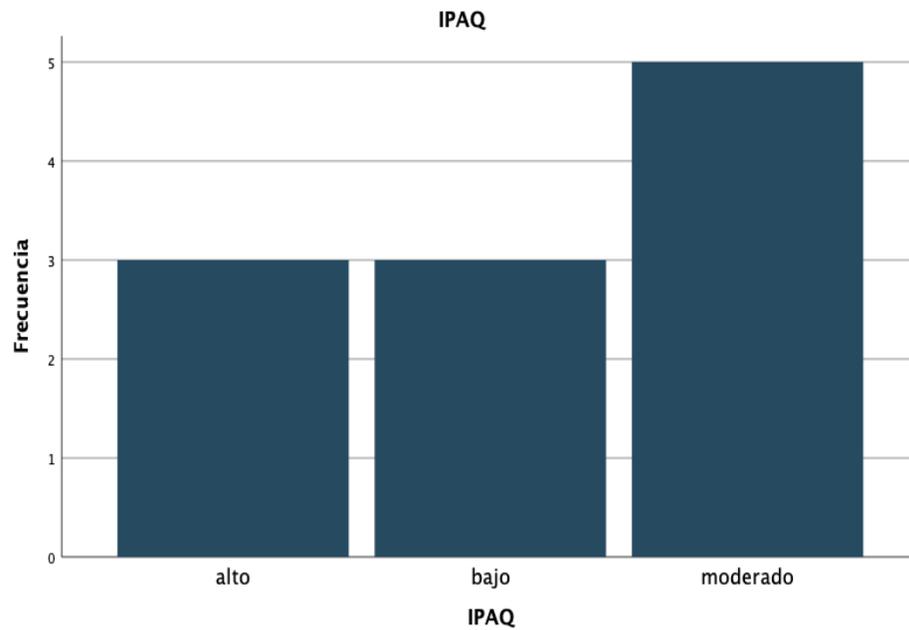
Tabla 4. VO2 pico relativo al sexo

	Vo2 pico	
	masculino	femenino
Sujetos	8	3
Media	40.49	32.33
Desviación estándar	7.355	4.163
Mínimo	31.50	29.00
Máximo	51.00	37.00

El nivel de actividad física de acuerdo a los resultados del cuestionario IPAQ mostró un nivel de actividad física moderada en 5 sujetos equivalente al 45% de la muestra, mientras que 3 sujetos registraron niveles de actividad física bajo y altos respectivamente, equivalente al 27 % (cf. tabla 5)

Tabla 5. Frecuencias de sexo y nivel de Actividad Física

		Sujetos	Total	Proporción
Sexo	Masculino	8	11	0.727
	Femenino	3	11	0.273
IPAQ	alto	3	11	0.273
	bajo	3	11	0.273
	moderado	5	11	0.455



El nivel de actividad física relacionado a los valores de VO₂ pico fue de 43.73 ml/kg/min \pm 10.65 para el nivel alto, 36.95 ml/kg/min \pm 6.0 para el nivel moderado y 35 ml/kg/min \pm 5.2 para el bajo. (cf. tabla 6)

Tabla 6. Nivel de actividad física relacionado con VO2 pico

	alto	bajo	moderado
Sujetos	3	3	5
Media	43.73	35.00	36.95
Desv. Est	10.65	5.292	6.028
Mínimo	31.50	29.00	31.00
Máximo	51.00	39.00	47.00

La MTV-E separado por el nivel de actividad física fue de 7.3 ± 2.0 para el nivel alto, 8 ± 1.4 para el moderado y 7 ± 1.7 para el nivel bajo. (cf. tabla 7)

Tabla 7. Nivel de actividad física y Corsi Block Test Primera medición

	alto	bajo	moderado
Sujetos	3	3	5
Media	7.333	7.000	8.000
Desv. Est	2.082	1.732	1.414
Mínimo	5.000	6.000	6.000
Máximo	9.000	9.000	9.000

9.2 Análisis Estadístico

Se dividió de manera aleatoria a los sujetos en dos grupos; un grupo control y un grupo experimental el cual realizó la sesión ejercicio con las características previamente descritas. En el grupo control participaron 6 sujetos y 5 para el experimental. Se probó la normalidad de la muestra con la prueba de Shapiro-Wilk, por ser una muestra con menos de 30 sujetos. La prueba demostró la hipótesis nula de normalidad con un valor de p de 0.49 para el grupo experimental en la primera medición y una p de 0.086 para la segunda medición. Además, se comprobó la distribución normal del grupo control con un p de 0.007 en la primera medición y p de 0.001 en la segunda medición. (cf. tabla 8). Las medias y desviaciones estándar de cada grupo se muestran en la tabla 9.

Tabla 8. Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

		W	p
Corsi Block Test 1ª medición	experimental	0.914	0.490
	control	0.702	0.007
Corsi Block Test 2ª medición	experimental	0.803	0.086
	control	0.640	0.001

Tabla 9. Análisis descriptivo

	N	Media	DE
Corsi grupo experimental 1ª medición	5	7.600	1.517
Corsi grupo experimental 2ª medición	5	7.800	1.304
Corsi grupo control 1ª medición	6	8.167	1.329
Corsi grupo control 2ª medición	6	7.333	0.516

De acuerdo a las características de la muestra, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes en el análisis entre grupos (control vs experimental) en su primera y segunda medición. Se utilizó el test de Rango firmado de Wilcoxon para el análisis de los grupos experimental y control en Pre y Post intervención, por su distribución anormal (Tablas 10 y 11).

Tabla 10. U de Mann-Whitney para muestras independientes

	W	p
Corsi Block Test 1ª medición	7.000	0.147
Corsi Block Test 2ª medición	14.000	0.923

Tabla 11. Muestras pareadas

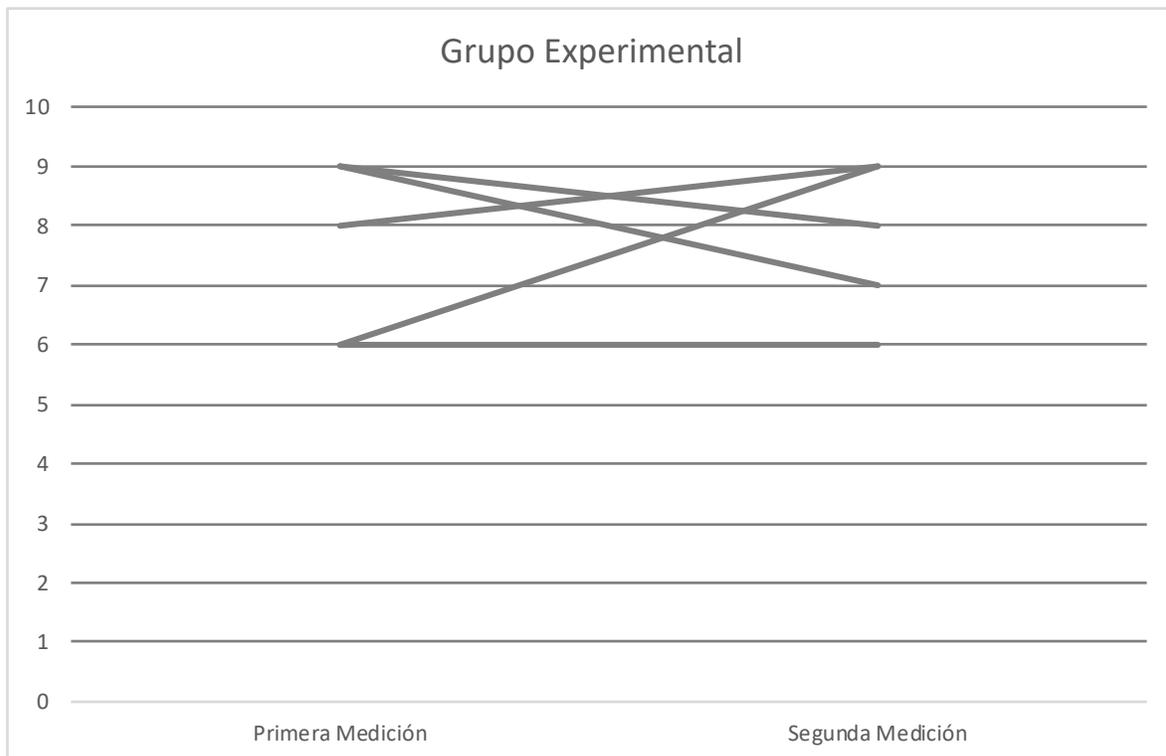
		Prueba	Estadística	p	
Corsi grupo experimental 1ª medición	-	2ª medición	Wilcoxon	4.500	1.000
Corsi grupo control 1ª medición	-	2ª medición	Wilcoxon	1.746	0.141

9.3 Análisis caso por caso

En ambos grupos, experimental y control, únicamente dos personas mostraron un incremento en la MTV-E en la segunda medición. El grupo experimental tuvo a dos sujetos con una disminución y uno que no mostró cambio entre ambas mediciones. El grupo control tuvo tres sujetos con una disminución de la MTV-E y uno que no mostró cambio. (Figuras 8 y 9)

En el análisis de porcentaje de cambio, el grupo experimental tuvo un promedio de 6% de cambio, mientras que el grupo control tuvo un porcentaje de cambio negativo de 3%. (Figura 10)

Figura 8 y 9. Análisis caso por caso



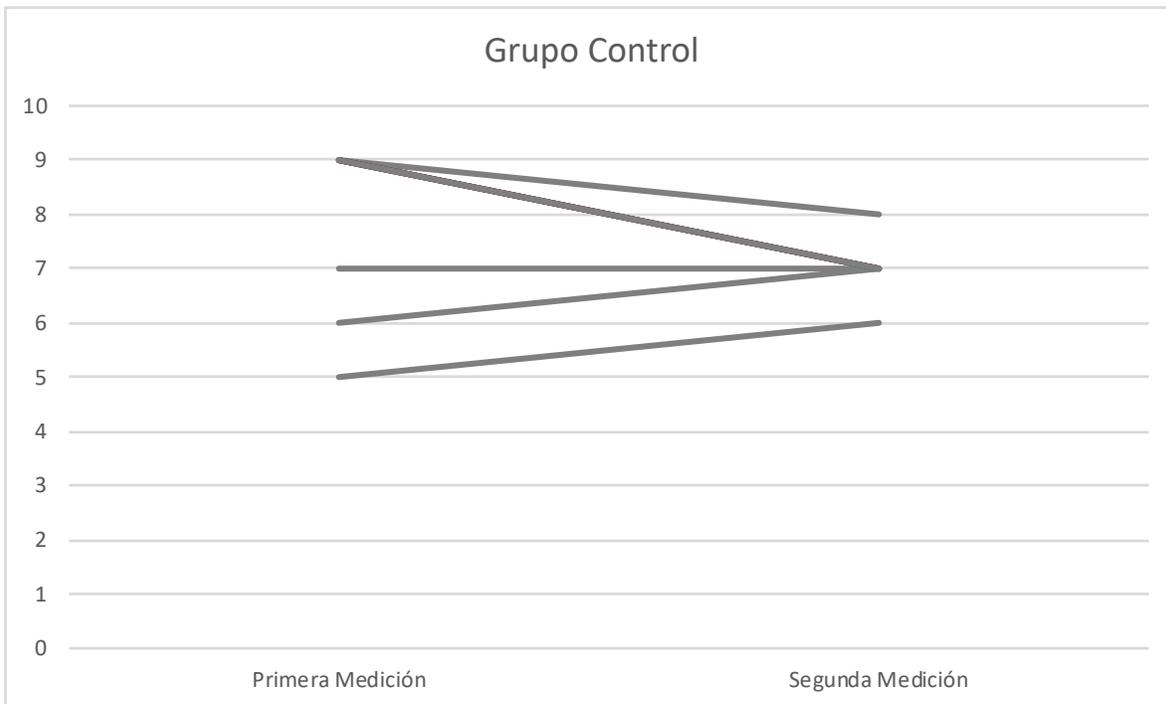
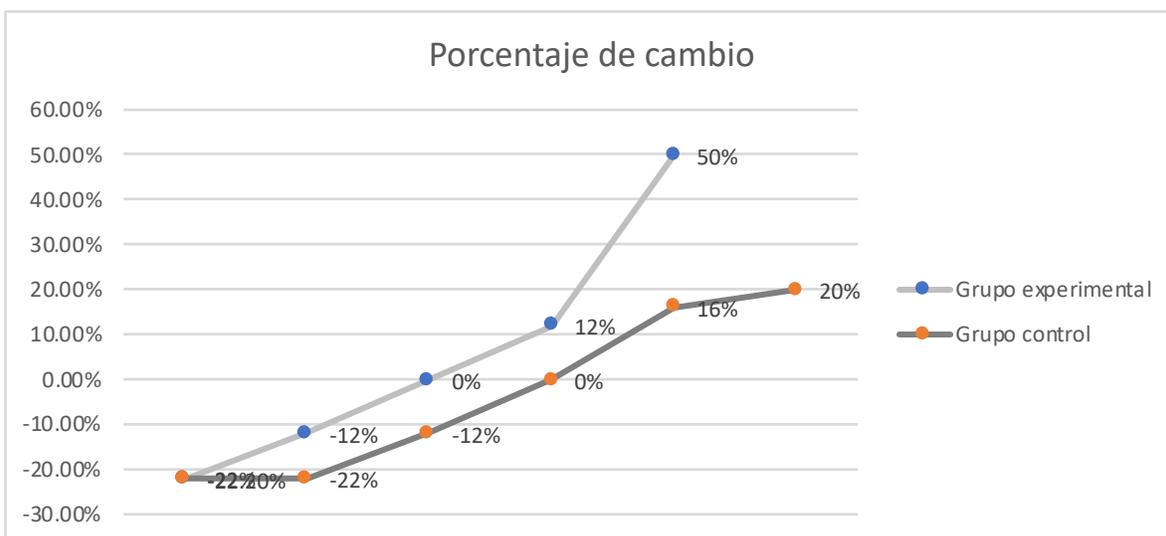


Figura 10. Porcentaje de cambio comparado entre grupos



10. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se obtuvo una muestra heterogénea para todas las variables excepto la edad.

El $\dot{V}O_2$ pico obtenido se encuentra por debajo de los estándares internacionales para hombres ($54.4 \text{ ml/kg/min} \pm 8.4$) y para mujeres ($43.71 \text{ ml/kg/min} \pm 6.06$). Sin embargo, estos estándares, a falta de estudios, no son representativos de la población mexicana.

Los niveles de actividad física en los sujetos, en su mayoría moderado, difieren de lo encontrado en estudios previos que observaron un nivel bajo de actividad física en los jugadores de ajedrez, sin embargo, dichos estudios no fueron realizados en población mexicana o universitaria. La relación de dichos niveles con los valores de $\dot{V}O_2$ pico, mostró un mayor consumo de oxígeno en los participantes que refirieron mayores niveles de actividad. Los valores pre-intervención de la MTV-E en relación al nivel de actividad física, mostraron mayores valores de MTV-E en los sujetos con niveles moderados de actividad física.

La MTV-E en su primera medición no mostró diferencia entre el grupo control y el grupo experimental. La mediana del grupo experimental en la medición post ejercicio fue mayor que la basal para el mismo grupo, sin embargo, no resultó estadísticamente significativo. La comparación entre las medianas de la medición post intervención para ambos grupos no demostró ser significativamente distinta. Estos resultados comprueban la hipótesis nula del estudio, en la cual no hubo un cambio en la MTV-E posterior a una sesión de ejercicio.

Analizando el porcentaje de cambio, el 6% que aumentó el grupo experimental se encuentra por debajo del observado en estudios previos, donde el porcentaje de cambio fue

de 10% para los mismos rangos de intensidad. Cabe resaltar que el grupo control mostró un porcentaje de cambio negativo del 3%, sumando para un aumento del 9% del grupo experimental comparado con el grupo control, por lo que es posible asumir que el incremento del grupo experimental no es debido al azar.

A nivel individual, dos sujetos aumentaron sus valores MTV-E posterior a la intervención con ejercicio, con porcentajes de cambio de 12% y 50%. En estos sujetos pareciera ser posible mostrar una mejora con una sesión de ejercicio en la MTV-E y consecuentemente mejorar su desempeño en una partida. Valdría la pena realizar un estudio de caso en estos sujetos para evidenciar las mejoras en el desempeño de ajedrez posterior a realizar ejercicio con las características de este estudio.

Las tres mujeres del estudio (2 en el grupo experimental) no mostraron mejorías en la MTV-E y 2 de ellas tuvieron una disminución del 12%. Estos resultados son similares a lo encontrado en otros estudios, donde las mujeres han mostrado menor aumento en el BDNF comparado con los hombres²³. Estos estudios han tenido menos de 1/3 de mujeres en su muestra y no es posible asegurar que exista una diferencia entre sexos en el incremento del BDNF.

La dosificación del ejercicio aeróbico en el estudio fue bien tolerada por todos los sujetos. Las características elegidas de la sesión del ejercicio, como la duración, la intensidad y el tiempo de reposo antes de realizar la prueba cognitiva, están en concordancia con otros estudios. Aunque se han observado mejoras en la cognición posterior a la realización de ejercicio con diversas intensidades, desde intensidad ligera hasta ejercicio interválico de alta intensidad, y duraciones que van desde los 10 minutos hasta las 4 horas¹⁸, el modelo escogido

de intensidad moderada y una duración de 30 minutos es el que mayor consistencia muestra para provocar mejoras en la memoria de trabajo ²³, por lo que pareciera que la dosificación fue la adecuada para mostrar cambios en la MTV-E. Sin embargo, cabe la posibilidad de que la variabilidad encontrada en el VO₂ pico de los sujetos condicione los rangos de intensidad para cada sujeto, por lo que individualizar la intensidad con métodos directos de medición del VO₂, mediante análisis de gases, ayudaría a reducir el sesgo inherente a la variabilidad inter sujetos. Otra forma de asegurar el efecto del ejercicio, es medir los cambios en el BDNF en plasma posterior a realizar el ejercicio.

Relacionado tanto a la dosificación del ejercicio como al periodo de reposo entre visitas y reposo posterior al ejercicio previo a realizar la prueba de Corsi block, la fatiga no influyó en los resultados del estudio. El ejercicio aeróbico de moderada intensidad no libera suficiente cortisol a nivel del sistema nervioso central, comparado con alta intensidad, para mostrar un efecto negativo de esta hormona sobre las funciones cognitivas, en específico la memoria ³¹. A su vez el espacio entre cada visita (una semana en promedio) y la indicación de un reposo de toda actividad física o deportiva de moderada y alta intensidad, aseguran que la fatiga acumulada previo a la visita no fuera factor en la realización de la prueba. Por último, el tiempo de reposo post ejercicio (diez minutos), toma en cuenta el tiempo promedio de recuperación de variables fisiológicas y mentales después del ejercicio, el tiempo para la disminución de potenciales inhibidores de la memoria como catecolaminas, y el tiempo para alcanzar los más altos niveles de BDNF posterior al ejercicio (10 – 60 minutos).

La elección de realizar la intervención de ejercicio con una sesión de ejercicio aeróbico en lugar de un ejercicio anaeróbico en su modalidad de entrenamiento de fuerza está basada en el aumento del BDNF en las regiones anatómicas relacionadas con la MTV-E encontrado

en los estudios murinos. El ejercicio de fuerza, al generar cambios en la memoria de trabajo por la vía de AKT, independiente del BDNF, podría demostrar cambios distintos a los observados en este estudio, sin embargo, no hay un sustento que demuestre a nivel molecular que se presente este efecto.

La decisión de realizar una sola sesión de ejercicio aeróbico en lugar de un programa prolongado que genere una adaptación crónica, está sustentada en el moderado efecto que el ejercicio aeróbico crónico tiene en el aumento del BDNF posterior al ejercicio; por lo que un estudio con un programa regular de ejercicio aeróbico debiera presentar resultados similares a los de este estudio.

Como se planteó en el marco teórico de este proyecto, las pruebas para medir variables cognitivas muestran resultados mixtos en diferentes estudios; a pesar de la validez y popularidad para la medición de la MTV-E, la prueba de Corsi Block Test no es la excepción. Como han demostrado diversos estudios¹, el dominio específico de la prueba puede condicionar los resultados obtenidos. Una de las razones para usar la prueba de Corsi Block Test en este estudio fue el dominio espacial característico de la prueba y su relación con la práctica del ajedrez, sin embargo, es posible que los cambios que se presenten con el ejercicio tengan un dominio visual, por lo que sería necesario utilizar diferentes pruebas de MTV-E para corroborar lo observado en este estudio. Otro posible sesgo, es un posible límite de mejora en la memoria, que dificultaría encontrar cambios posteriores al ejercicio. Como se ha descrito en múltiples estudios, la memoria de trabajo parece tener un límite en la cantidad de objetos o códigos que es posible recordar, este límite varía entre sujetos y subcomponentes de la memoria de trabajo, pero se encuentra en un rango de 4 a 7 objetos^{27,29,30}; no obstante, estos límites no son siempre observados al realizar pruebas psicométricas convencionales; la

respuesta a este fenómeno se encuentra en la capacidad de compartimentar información y volverla un solo “objeto”, por ejemplo, al tratar de recordar un número de teléfono de 10 dígitos, 5380195416, podemos intentar recordarlo número por número, 5-3-8-0-1-9-5-4-1-6, teniendo así una secuencia con 10 objetos a recordar, sobrepasando el límite propuesto de memoria de trabajo; sin embargo, también es posible recordar una secuencia de números como un solo objeto, 538-019-541-6, convirtiendo el número de teléfono en 4 objetos a recordar, así podemos decir que mientras la cantidad de objetos parece tener un límite de 4 a 7, estos “objetos” pueden estar compuestos de una cantidad de información ilimitada. Esta capacidad de compartimentar la información no ha sido del todo estudiada, y la variabilidad de los sujetos en esta habilidad puede determinar el resultado de la prueba utilizada, en el caso de nuestro estudio la prueba Corsi Block, lo que aumenta la problemática antes mencionada de escoger una prueba cognitiva que tenga la validez y precisión de medir lo deseado.

Otro factor que pudiera interferir en la respuesta al ejercicio aeróbico y la posterior elevación del BDNF, es el polimorfismo Val66 Met, el cual atenúa la respuesta del BDNF al ejercicio ²⁹. A pesar de la prevalencia de este polimorfismo se estima es de 18%, el tamaño reducido de la muestra aumenta la posibilidad de que esta variante interfiera con la respuesta esperada. Incluir el polimorfismo Val66 Met dentro de las variables a medir para conformar la muestra reduciría el impacto de esta variante genética en los resultados del estudio

El tamaño de la muestra es otro factor determinante para entender los resultados. El estudio siendo novedoso en su hipótesis y el uso de la prueba cognitiva utilizada, no cuenta con un marco de referencia en cuanto al tamaño de la muestra necesario para dotar de poder estadístico a los resultados. Estudios semejantes encontraron cambios discretos en la

memoria de trabajo y en componentes visuales de la misma, siendo la mejora más grande de 10%; basado en este cambio esperado y en una pérdida de la muestra del 20%, se sugiere aumentar el tamaño de la muestra a 137 sujetos, para corroborar la hipótesis obtenida en este estudio.

11. Conclusiones

A pesar de lo observado en estudios animales y la relación observada entre el ejercicio y el BDNF como posible mediador molecular del aumento de la MTV-E, este estudio no mostró un cambio en la MTV-E posterior a una sesión de ejercicio. La realización del proyecto esta en concordancia con estudios previos que encontraron Es necesario aumentar el tamaño de la muestra basado en el porcentajede cambio esperado en otros estudios, ajustar las dosis a una intensidad individualizada por métodos directos, ampliar el número de pruebas cognitivas utilizadas, medir el incremento posterior al ejercicio de BDNF en plasma y realizar otro tipo de ejercicio como el entrenamiento de fuerza para corroborar y contrastar los resultados con lo observado en este estudio. A pesar del tamaño reducido de la muestra, se logró incrementar los valores de MTV-E en dos sujetos posterior al ejercicio, por lo que una sesión de ejercicio aeróbico podría mejorar su práctica deportiva. No obstante, con los resultados obtenidos, cabe la posibilidad de que las mejoras comprobadas en la memoria de trabajo con el ejercicio aeróbico, no sean debido a un aumento en el subcomponente de MTV-E.

Bibliografía

1. Zimmermann KA. Memory definition & types of memory. *Live Science*. 2017.
2. Baddeley A. Working memory. *Science*. 1992; 255(5044):556-559.
doi:10.1126/science.1736359
3. McAfoose J, Baune BT. Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts and models. *Neuropsychology Rev*. 2009;19(1):130-142. doi:10.1007/s11065-008-9063-0
4. Baddeley AD, Hitch G. Working Memory. In: Bower GH, ed. *Psychology of Learning and Motivation*. Vol 8. Academic Press; 1974:47-89. doi:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
5. Sala G, Burgoyne AP, Macnamara BN, Hambrick DZ, Campitelli G, Gobet F. Checking the “Academic Selection” argument. Chess players outperform non-chess players in cognitive skills related to intelligence: A meta-analysis. *Intelligence*. 2017;61:130-139. doi:10.1016/j.intell.2017.01.013
6. Fornal-Urban A, Keska A, Dobosz J, Nowacka-Dobosz S. [Physical fitness in relation to age and body build of young chess players]. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab*. 2009;15(3):177-182.
7. Furley P, Memmert D. Differences in Spatial Working Memory as a Function of Team Sports Expertise: The Corsi Block-Tapping Task in Sport Psychological Assessment. *Percept Mot Skills*. 2010;110(3):801-808. doi:10.2466/pms.110.3.801-808
8. Kessels RPC, Zandvoort MJE van, Postma A, Kappelle LJ, Haan EHF de. The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. *Applied Neuropsychology*. 2000;7(4):252-258. doi:10.1207/S15324826AN0704_8

9. Brunetti R, Del Gatto C, Delogu F. eCorsi: implementation and testing of the Corsi block-tapping task for digital tablets. *Front Psychol.* 2014;5.
doi:10.3389/fpsyg.2014.00939
10. Rowe G, Centre B. Age differences in visuospatial working memory. *Psychology and Aging.* 2008:79–84.
11. Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta-Analytic Study - Stanley Colcombe, Arthur F. Kramer, 2003.
<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/1467-9280.t01-1-01430?journalCode=pssa>. Accessed September 12, 2018.
12. Loring-meier S, Halpern DF. Sex differences in visuospatial working memory: Components of cognitive processing. *Psychonomic Bulletin & Review.* 1999;6(3):464-471. doi:10.3758/BF03210836
13. Medicine AC of S. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
14. Patel H, Alkhawam H, Madanieh R, Shah N, Kosmas CE, Vittorio TJ. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World J Cardiol.* 2017;9(2):134-138. doi:10.4330/wjc.v9.i2.134
15. Guariglia CC, Guariglia CC. Spatial working memory in Alzheimer's disease: A study using the Corsi block-tapping test. *Dementia & Neuropsychologia.* 2007;1(4):392-395. doi:10.1590/S1980-57642008DN10400011
16. Basso JC, Suzuki WA. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain Plast.* 2(2):127-152.
doi:10.3233/BPL-160040
17. Cassilhas RC, Lee KS, Fernandes J, et al. Spatial memory is improved by aerobic and

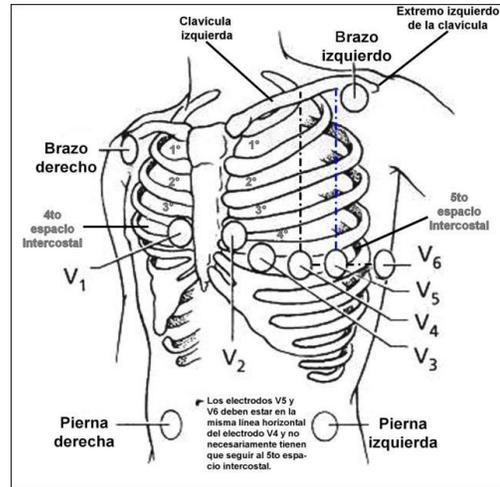
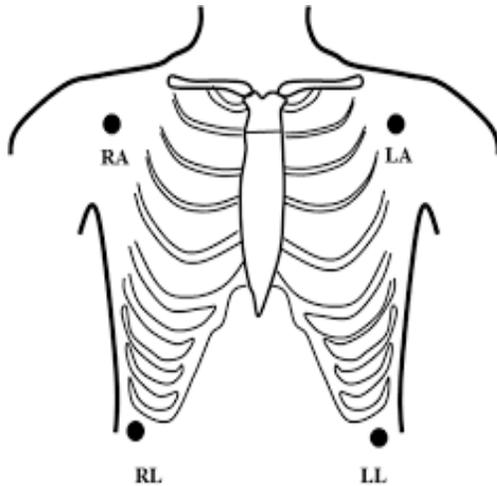
- resistance exercise through divergent molecular mechanisms. *Neuroscience*. 2012;202:309-317. doi:10.1016/j.neuroscience.2011.11.029
18. Pontifex MB, Hillman CH, Fernhall B, Thompson KM, Valentini TA. The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(4):927-934. doi:10.1249/MSS.0b013e3181907d69
19. Hwang J, Castelli DM, Gonzalez-Lima F. The positive cognitive impact of aerobic fitness is associated with peripheral inflammatory and brain-derived neurotrophic biomarkers in young adults. *Physiology & Behavior*. 2017;179:75-89. doi:10.1016/j.physbeh.2017.05.011
20. Effect of a Physical Exercise Session on Verbal, Visuospatial, and Numerical Ability - Yannis Zervas, 1990.
21. Bannerman DM, Sprengel R, Sanderson DJ, et al. Hippocampal synaptic plasticity, spatial memory and anxiety. *Nat Rev Neurosci*. 2014;15(3):181-192. doi:10.1038/nrn3677
22. Mu J-S, Li W-P, Yao Z-B, Zhou X-F. Deprivation of endogenous brain-derived neurotrophic factor results in impairment of spatial learning and memory in adult rats. *Brain Research*. 1999;835(2):259-265. doi:10.1016/S0006-8993(99)01592-9
23. Szuhany KL, Bugatti M, Otto MW. A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Psychiatric Research*. 2015;60:56-64. doi:10.1016/j.jpsychires.2014.10.003
24. Waters AJ, Gobet F, Leyden G. Visuospatial abilities of chess players. *British Journal of Psychology*. 2002;93(4):557-565. doi:10.1348/000712602761381402
25. Unterrainer JM, Kaller CP, Halsband U, Rahm B. Planning abilities and chess: A comparison of chess and non-chess players on the Tower of London task. *British*

- Journal of Psychology*. 2006;97(3):299-311. doi:10.1348/000712605X71407
26. Robbins TW, Anderson EJ, Barker DR, et al. Working memory in chess. *Memory & Cognition*. 1996;24(1):83-93. doi:10.3758/BF03197274
27. Poldrack RA, Packard MG. Competition among multiple memory systems: converging evidence from animal and human brain studies. *Neuropsychologia*. 2003;41(3):245-251. doi:10.1016/S0028-3932(02)00157-4
28. The maximally attainable $\dot{V}O_2$ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue | *Journal of Applied Physiology*.
<https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00024.2003>. Accessed July 5, 2019.
29. Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*. 2010;14(7):317-324. doi:10.1016/j.tics.2010.05.002
30. Shipstead Z, Martin JD, Nespodzany A. Visuospatial working memory, auditory discrimination, and attention. *Memory*. October 2018:1-7.
doi:10.1080/09658211.2018.1532010
31. Rojas Vega S, Strüder HK, Vera Wahrmann B, Schmidt A, Bloch W, Hollmann W. Acute BDNF and cortisol response to low intensity exercise and following ramp incremental exercise to exhaustion in humans. *Brain Research*. 2006;1121(1):59-65.
doi:10.1016/j.brainres.2006.08.105

Anexo 1. Prueba de esfuerzo

1. Revisión de electrocardiograma de reposo de doce derivaciones con la búsqueda intencionada de los criterios de Seattle. (anexo 5)
2. Realizar historia clínica encaminada a padecimientos cardiovasculares.
3. Búsqueda intencionada de contraindicaciones para realizar la prueba de esfuerzo y determinar si es apto o no.
4. Calcular la frecuencia cardiaca máxima teórica.
5. Determinar si la monitorización será de 6 o 12 derivaciones.
6. Obtención de consentimiento informado (anexo 2)
7. Preparación del participante para colocación de telemetría y baumanómetro de mercurio.
 - a. Solicitar al paciente que se retire la parte posterior de la vestimenta. En caso de ser mujer se quedará en ropa tipo top deportivo. Los hombres quedarán con el tronco completamente descubierto.
 - b. Limpiar las zonas de colocación de los electrodos con una torunda alcoholada hasta eliminar completamente el exceso de grasa de la piel. Posteriormente eliminar discretamente con una fibra el estrato corneo de la piel para mejorar la conductancia. Esperar que seque la zona y pegar el electrodo.

RA: Right arm **LA:** Left arm **RL:** Right length **LL:** Left length



Colocación para prueba de seis derivaciones Sitios de colocación para prueba de doce derivaciones.

- c. Una vez colocados los electrodos, verificar la adecuada transmisión de la señal en el monitor y registrar FC Basal.
 - d. Colocar el baumanómetro en el brazo izquierdo o derecho de acuerdo a la comodidad del paciente y del personal que registrará la presión arterial.
8. Se le explica al paciente en qué consiste la prueba de esfuerzo. Se sube a la banda sin fin y se explica la escala de Borg (anexo 4).
 9. Una vez entendido el procedimiento se le pide al paciente que comience a caminar cuando la banda comience a girar - sujetando el barandal durante los primeros pasos o hasta sentir seguridad.
 10. Una vez que el paciente se suelta comienza a correr el protocolo de Bruce que consiste en una prueba en escalón, donde cada 3 minutos aumenta la velocidad y la inclinación de la banda sin fin.
 11. Cada tres minutos se hará el registro de la presión arterial, la frecuencia cardiaca y la percepción del esfuerzo.
 12. El periodo de ejercicio de la prueba termina cuando el paciente decide no continuar debido a la fatiga o en el caso de los hallazgos mencionados en el apéndice 4,

obtenidos de la Guía para pruebas de ejercicio de la Asociación Americana del Corazón 2013.

13. Una vez concluido el periodo de ejercicio continua la fase de recuperación de 10 minutos que comprende de 3 minutos de recuperación activa con 0% de inclinación y 2.4 km de velocidad y al final 7 minutos de recuperación pasiva en posición sedente. En esta fase se registran la FC al primer minuto, minuto 2, minuto 3, minuto 5 y minuto 10. La TA Minuto 1, minuto 3, minuto 5 y minuto 10.
14. Al registrar los últimos valores del minuto 10 de la recuperación se procede a retirar la telemetría y el baumanómetro.

Anexo 2. Consentimiento informado



Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por José María Arteaga Rojas, residente de 3 año de la especialidad de **Medicina de la Actividad Física y Deportiva** con sede en la **Dirección de Medicina del Deporte** de la **Universidad Nacional Autónoma de México**. La meta de este estudio es observar los cambios ocurridos en la memoria visuo-espacial de trabajo tras una dosis de ejercicio.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en un cuestionario, realizar varias pruebas cognitivas para medir la memoria visuo-espacial de trabajo y realizar una dosis de ejercicio aeróbico. Esto tomará aproximadamente 60 minutos de su tiempo.

La participación en este estudio es **estrictamente voluntaria**. La información que se recoja será **confidencial** y **no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación**. Sus respuestas al cuestionario y resultados de prueba serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parece incómodas, usted tiene el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por José María Arteaga Rojas. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es observar los cambios ocurridos en la memoria visuo-espacial de trabajo tras una dosis de ejercicio.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios, realizar pruebas cognitivas y hacer una dosis de ejercicio, lo cual tomará aproximadamente

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a José María Arteaga Rojas al teléfono 5591955440.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a al teléfono anteriormente mencionado.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Anexo 3. Cuestionario IPAQ (versión corta)

USA Spanish version translated 3/2003 - SHORT LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED
version of the IPAQ – Revised August 2002

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA
(octubre de 2002)

VERSIÓN CORTA FORMATO AUTO ADMINISTRADO -
ÚLTIMOS 7 DÍAS PARA USO CON JÓVENES Y ADULTOS DE MEDIANA EDAD
(15-69 años)

Los Cuestionarios Internacionales de Actividad Física (IPAQ, por sus siglas en inglés) contienen un grupo de cuatro cuestionarios. La versión larga (cinco objetivos de actividad evaluados independientemente) y una versión corta (cuatro preguntas generales) están disponibles para usar por los métodos por teléfono o auto administrada. El propósito de los cuestionarios es proveer instrumentos comunes que puedan ser usados para obtener datos internacionalmente comparables relacionados con actividad física relacionada con salud.

Antecedentes del IPAQ

El desarrollo de una medida internacional para actividad física comenzó en Ginebra en 1998 y fue seguida de un extensivo examen de confiabilidad y validez hecho en 12 países (14 sitios) en el año 2000. Los resultados finales sugieren que estas medidas tienen aceptables propiedades de medición para usarse en diferentes lugares y en diferentes idiomas, y que son apropiadas para estudios nacionales poblacionales de prevalencia de participación en actividad física.

Uso del IPAQ

Se recomienda el uso de los instrumentos IPAQ con propósitos de monitoreo e investigación. Se recomienda que no se hagan cambios en el orden o redacción de las preguntas ya que esto afectará las propiedades sicométricas de los instrumentos.

Traducción del inglés y adaptación cultural

Traducción del inglés es sugerida para facilitar el uso mundial del IPAQ. La información acerca de la disponibilidad del IPAQ en diferentes idiomas puede ser obtenida en la página de internet www.ipaq.ki.se. Si se realiza una nueva traducción recomendamos encarecidamente usar los métodos de traducción nuevamente al inglés disponibles en la página web de IPAQ. En lo posible por favor considere poner a disposición de otros su versión traducida en la página web de IPAQ. Otros detalles acerca de traducciones y adaptación cultural pueden ser obtenidos en la página web.

Otros Desarrollos de IPAQ

Colaboración Internacional relacionada con IPAQ es continua y un Estudio Internacional de Prevalencia de Actividad Física se encuentra en progreso. Para mayor información consulte la página web de IPAQ.

Información Adicional

Información más detallada del proceso IPAQ y los métodos de investigación usados en el desarrollo de los instrumentos IPAQ se encuentra disponible en la página www.ipaq.ki.se y en Booth, M.L. (2000). Assessment of Physical Activity: An International Perspective. Research USA Spanish version translated 3/2003 - SHORT LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED version of the IPAQ – Revised August 2002 Quarterly for Exercise and Sport, 71 (2): s114-20. Otras publicaciones científicas y presentaciones acerca del uso del IPAQ se encuentran resumidas en la página Web.

USA Spanish version translated 3/2003 - SHORT LAST 7 DAYS SELF-

ADMINISTERED version of the IPAQ – Revised August

2002

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los últimos 7 días. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte. Piense acerca de todas aquellas actividades vigorosas que usted realizó en los últimos 7 días. Actividades vigorosas son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas vigorosas como levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta?

_____ días por semana

Ninguna actividad física vigorosa Pase a la pregunta 3

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le tomó realizar actividades físicas vigorosas en uno de esos días que las realizó?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca de todas aquellas actividades moderadas que usted realizó en los últimos 7 días. Actividades moderadas son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal. Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas moderadas tal como cargar objetos livianos, pedalear en bicicleta a paso regular, o jugar dobles de tenis?

No incluya caminatas.

_____ días por semana

Ninguna actividad física moderada Pase a la pregunta 5

4. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas moderadas?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca del tiempo que usted dedicó a caminar en los últimos 7 días. Esto incluye trabajo en la casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer.

5. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos?

_____ días por semana

No caminó Pase a la pregunta 7

6. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días caminando?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

La última pregunta se refiere al tiempo que usted permaneció sentado(a) en la semana en los últimos 7 días. Incluya el tiempo sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto puede incluir tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión.

7. Durante los últimos 7 días, ¿Cuánto tiempo permaneció sentado(a) en un día en la semana?

_____ horas por día

_____ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.

Anexo 4. Escala de Borg

Escala de Borg Original	
6	Muy Muy ligero
7	
8	Muy ligero
9	
10	Ligero
11	
12	Regular
13	
14	Pesado
15	
16	Muy pesado
17	
18	Muy Muy pesado
19	
20	

Anexo 5. Criterios de Seattle

Hallazgos normales que no requieren evaluación adicional

- Aumento del voltaje de QRS para HVI o HVD. (Aumento aislado del voltaje para crecimiento ventricular izquierdo: $SV1+RV_4$ o $RV >3.5$ mV o crecimiento ventricular derecho: $RV1+SV5$ o $SV6 >1.1$ mV)
- Bloqueo incompleto de rama derecha del haz de his.
- Elevación del segmento ST con repolarización temprana.
- Elevación del segmento ST seguida de inversión de las ondas T de V1-V4 en atletas de raza negra. (elevación convexa o en domo seguida de inversión de ondas T)
- Inversión de las ondas T de V1-V3 en menores de 16 años.
- Bradicardia sinusal ≥ 30 lpm
- Ritmo de la unión o ectopias atriales.
- Bloqueo AV de primer grado
- Bloqueo AV de 2do grado Mobitz-2

Hallazgos sospechosos. En caso de dos o más se requiere seguimiento y evaluación adicional.

- Desviación del eje a la izquierda (-30° a -90°)
- Crecimiento atrial izquierdo. (ondas P con duración ≥ 120 ms en DI o DII o una porción negativa de la onda P ≥ 1 mm de profundidad y ≥ 40 ms de duración en V1)
- Desviación del eje a la derecha $>120^\circ$
- Crecimiento atrial (Onda P ≥ 2.5 mm en DII, DIII o AVF)
- Bloqueo completo de rama derecha.

Hallazgos anormales que requieren seguimiento y evaluación adicional

- Inversión de las ondas T ≥ 1 mm de profundidad en dos o más derivaciones continuas excluyendo aVR, DIII y V1.
- Depresión del segmento ST ≥ 0.5 mm de profundidad en dos derivaciones continuas.
- Ondas Q patológicas relación Q/R ≥ 0.25 o ≥ 40 ms de duración en dos derivaciones continuas excluyendo DIII y aVR.
- Bloqueo completo de la rama izquierda del haz de his. QRS ≥ 120 ms de duración y predominantemente negativo en V1 (QS o rS)
- QRS ≥ 140 ms de duración.
- Onda epsilon (pequeña deflexión positiva o muesca entre el final del QRS y el inicio de la onda T en las derivaciones V1-V3)
- Pre-excitación ventricular PR $<$ a 120 ms con onda Delta y QRS ≥ 120 ms de duración
- Intervalo QT prolongado QTC ≥ 470 ms en hombres, 480 ms en mujeres o ≥ 500 es una prolongación marcada del QT
- Patrón de brugada tipo 1. Elevación inicial del segmento ST ≥ 2 mm, seguida por una onda T negativa de ramas asimétricas de V1 a V3 (Morfología high-take-off)
- Bradicardia sinusal profunda < 30 lpm o pausas mayores a 3 segundos.
- Intervalo PR ≥ 400 ms
- Bloqueo AV de segundo grado Mobitz 2. Ondas P intermitentes que no conducen con un intervalo PR fijo.
- Bloqueo AV de tercer grado
- ≥ 2 Contracciones ventriculares prematuras en 10 segundos.
- Taquiarritmias atriales (taquicardia supraventricular, fibrilación auricular o flutter auricular)

- Arritmias ventriculares (dupletas, tripletas o taquicardias ventriculares no sostenidas)