



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

**IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO BASADO EN SPRINTS
SOBRE FUNCIONES COGNITIVAS MEDIADAS POR EL HIPOCAMPO EN
JÓVENES FÍSICAMENTE ACTIVOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTE**

PRESENTA:

C. MANUEL ARTURO CELAYA ROMERO

DIRECTOR: DR. ALBERTO JIMÉNEZ MALDONADO

CO-DIRECTOR: DR. IVÁN RENTERÍA

Ensenada, Baja California, México, 29 Mayo del 2025



Universidad Autónoma
de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

**IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO BASADO EN
SPRINTS SOBRE FUNCIONES COGNITIVAS MEDIADAS POR EL
HIPOCAMPO EN JÓVENES FÍSICAMENTE ACTIVOS**

Tesis

Para cubrir los requisitos necesarios para obtener el título de

Licenciado en Actividad Física y Deporte

Presenta

C. Manuel Arturo Celaya Romero

Aprobada por:

**Dr. Alberto Jiménez Maldonado
Director**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE DEPORTES
CAMPUS ENSENADA

**Dr. Iván Rentería
Sinodal**

**Mtro. Juan Ramón Gallegos Ramírez
Sinodal**

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	4
Aportaciones y/o publicaciones	5
Abreviaturas	6
Abstract	9
1. Antecedentes	10
1.1 Definición y características del HIIT	10
1.1.2 <i>Métodos de Diseño del HIIT (Programación de Sesiones)</i>	11
1.1.3 <i>Elementos fundamentales del HIIT</i>	12
1.1.4 <i>Diseños Clásicos y Adaptaciones</i>	12
1.2 Entrenamiento HIIT y biomarcadores de cognición relacionados a la función del hipocampo	13
2. Justificación	15
3. Pregunta de investigación	16
4. Hipótesis	16
5. Objetivo general	16
6. Objetivos específicos	16
7. Metodología	17
7.1 Diseño de estudio	17
7.2 Muestra	17
7.3 Medidas antropométricas y cardiovasculares	18
7.4 Prueba de Esfuerzo Gradual (PEG)	19
7.5 Protocolos de Entrenamiento	20
7.6 Medición de habilidades cognitivas	21
7.6.1 <i>Memoria verbal:</i>	21
7.6.2 <i>Memoria visual:</i>	22
7.7 Análisis estadístico	22
8. Resultados	23
8.2 Resultados antropométricos y cardiovasculares	23
8.3 Resultados fisiológicos y bioquímicos en prueba de esfuerzo máximo	24
8.4 Resultados de VO ₂ max	25
8.5. Resultados neurocognitivos.	27
9. Discusión	28
10. Conclusiones	30

11. Perspectivas del trabajo de tesis	30
12. Referencias	31
13. Anexos	38
13.1 Carta responsiva	38
13.2 Constancias	42

Dedicatoria

A mis padres, Francis Charles Musil y Laura Margarita Romero Pérez, por ser mi ejemplo de esfuerzo, dedicación y fortaleza. Su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido la base de mi crecimiento personal y profesional. Gracias por demostrarme, con cada uno de sus actos, el valor del trabajo, la perseverancia y la honestidad. Esta tesis es un pequeño homenaje a todo lo que han hecho por mí.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a José Juan González Sotelo, al Mtro. Alberto Blanco Salazar y al Dr. Isaac Armando Chávez Guevara por su inestimable apoyo en la realización del protocolo experimental. Su orientación y ayuda fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto.

Asimismo, agradezco al Dr. Alberto Jiménez Maldonado por la oportunidad de participar en sus proyectos de investigación y por su guía en mi formación académica. Mi experiencia en las siguientes ayudantías ha sido clave en mi crecimiento como investigador:

- Ayudantía en investigación: *"El ejercicio acuático, un método para mejorar la plasticidad cerebral en los adultos mayores"*, periodo 2023-2.
- Ayudantía en investigación: *"El entrenamiento aerobio y salud cerebral"*, periodo 2024-1.
- Ayudantía en investigación: *"Ejercicio físico y función cerebral"*, periodo 2024-2.

De la misma manera quiero agradecer enormemente al Mtro. Juan Ramírez Gallegos, por su constante apoyo y orientación a lo largo de mi formación académica, siempre siendo un referente en mi desarrollo profesional y personal.

También quiero extender mi gratitud a todos los participantes del proyecto, quienes con su tiempo y esfuerzo hicieron posible este estudio.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso.

Aportaciones y/o publicaciones

- Presentación del trabajo de divulgación “Entrenamiento HIIT y su Impacto en la Cognición” en modalidad de exposición oral “Semana de Ciencias”. Organizada por la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, en Ensenada, Baja California, México. Octubre 2024.
- Presentación del tema "Impact of short-term interval training versus aerobic exercise on cognitive skills in young adults: A pilot study" en modalidad de exposición oral durante el “Exercise Physiology Seminar”, organizado por el Southwestern Indian Polytechnic Institute (SIPI) en Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos. 23 de noviembre de 2024.
- Presentación del tema. "Impact of short-term interval training versus aerobic exercise on cognitive skills in young adults: A pilot study" en modalidad de exposición oral durante el Exercise Science Seminar, organizado por el Department of Exercise and Sports Sciences de la New Mexico Highlands University (NMHU) en Las Vegas, Nuevo México, Estados Unidos. 21 de noviembre de 2024.
- Presentación del tema “Impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre la aptitud cardiorrespiratoria en adultos jóvenes” en modalidad de Trabajo libre/exposición oral durante el “8º Simposio Internacional sobre Temas Avanzados en Fisiología del Ejercicio” Organizado por la Facultad de Deportes Ensenada, en Ensenada, Baja California, México. 2024.
- Publicación de nota periodística de divulgación científica “Ejercicio a Máxima Intensidad: Impacto en la Salud Cerebral”. Publicada en el periódico el Vigía el 26 de abril del 2025. Página 6. Columna Meta Deportiva.

Abreviaturas

- ACSM** – Colegio Americano de Medicina del Deporte
- AHA** – Asociación Americana del Corazón
- BDNF** – Factor neurotrófico derivado del cerebro
- BLa** – Concentración de lactato sanguíneo
- BPM** – Pulsaciones por minuto
- DP** – Doble producto
- DTI** – Imagen por tensor de difusión
- ECMI** – Entrenamiento continuo de moderada intensidad
- ECBI** – Entrenamiento continuo de baja intensidad
- FC** – Frecuencia cardíaca
- HIIT** – Entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad
- HPC** – Hipocampo
- KG** – Kilogramos
- Kg/m²** – Kilogramos sobre metros cuadrados
- Km** – Kilómetros
- MRI** – Resonancia magnética
- MV** – Volumen moderado
- OMS** – Organización Mundial de la Salud
- PAD** – Presión arterial sistólica
- PAS** – Presión arterial diastólica
- PEG** – Prueba de esfuerzo gradual
- REY1** – Copia del REY
- REY2** – Copia del REY2 memoria visual a corto plazo
- REY3** – Copia del REY3 memoria visual a largo plazo
- RST** – Repeated sprint training
- SD** – Desviación estándar
- SIT** – Sprint Interval Training (Entrenamiento Interválico Basado en Sprints)
- TAVEC** – Test de aprendizaje verbal España-Complutense
- TAVEC E1-5** – TAVEC ensayos del 1 al 5
- TAVECLB** – Lista 2 de interferencia del TAVEC
- TAVECRCPSEMANTICA** – Memoria verbal a corto plazo con ayuda semántica
- TAVECRLCP** – Memoria verbal a corto plazo del TAVEC
- TAVECRLLP** – Memoria verbal a largo plazo del TAVEC
- TAVECRLPSEMANTICA** – Memoria verbal a largo plazo con ayuda semántica

Vmax – Velocidad máxima

VO₂max – Consumo máximo de oxígeno

mM/L – Lactato en sangre

Resumen

La memoria verbal y visual son dominios cognitivos regulados principalmente por el hipocampo, y se ha demostrado que el ejercicio físico aerobio de baja/moderada intensidad en su modalidad aguda o crónica puede mejorar estas funciones. Sin embargo, los efectos de modalidades de entrenamiento de mayor intensidad que implique la presencia de periodos de recuperación no están completamente estudiados. El presente proyecto analiza el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints (SIT) a corto plazo sobre la memoria verbal y visual en universitarios físicamente activos.

El estudio utilizó un diseño cuasi-experimental pre-test/post-test sin grupo control, con una muestra de 12 estudiantes universitarios físicamente activos. Los participantes fueron divididos en dos grupos: uno realizó un protocolo SIT en banda sinfín, mientras que el otro realizó entrenamiento continuo de baja intensidad (ECBI). Ambos programas de ejercicio tuvieron una duración de 4 semanas (3 sesiones por semana, para un total de 12 sesiones de entrenamiento). Previo y al finalizar la intervención, se determinó en todos los participantes la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica, la aptitud cardiorrespiratoria mediante una prueba de esfuerzo gradual (PEG), la memoria verbal y visual mediante la batería de pruebas de Test de Aprendizaje Verbal Complutense (TAVEC), y la figura compleja del Rey (ROCF-siglas en inglés).

Los resultados mostraron que el grupo SIT experimentó mejoras significativas en la memoria verbal semántica a corto plazo ($p=0.005$). Además, en ambos grupos se observaron mejoras significativas en la memoria visual ($p<0.05$). Por otro lado, se observaron mejoras significativas en el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$) en el grupo SIT ($p<0.05$).

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis sugieren que el entrenamiento SIT a corto plazo realizado en modalidad de carrera es una estrategia viable y eficaz para mejorar las funciones cognitivas reguladas por el hipocampo en adultos jóvenes. Lo anterior, no solo resalta la efectividad del entrenamiento interválico para mejorar la función de órganos periféricos, sino también para mejorar el funcionamiento del sistema nervioso central.

Palabras clave: Hipocampo, Memoria verbal, Entrenamiento SIT, Universitarios físicamente activos.

Abstract

Verbal and visual memory are cognitive domains mainly regulated by the hippocampus, and published evidence suggest that acute or chronic aerobic exercise improves those cognitive domains. However, the effects of high intensity training modalities involving the presence of recovery periods on the verbal and visual memory are not completely studied. The present project was focused to determine the impact of short-term sprint- interval training (SIT) on the verbal and visual memory in physically active college students using the Test de Aprendizaje Verbal Computense (TAVEC), and Rey-Osterrieth Complex Figure (ROCF).

The study used a quasi-experimental pre-test/post-test design without control group, where twelve university physically active students were divided into two groups: one group performed a treadmill SIT protocol, while the other group performed continuous low intensity training (CILT). The exercise intervention lasted four weeks (3 sessions per week, 12 sessions total). At baseline and once completed the intervention, the body composition, cardiorespiratory fitness, verbal and visual memory were evaluated.

The results showed that the SIT group experienced significant improvements in verbal semantic short-term memory ($p=0.005$). On the other side, the visual memory was significantly improved at the end of the two exercise modalities ($p<0.05$). Finally, the SIT showed a significant improvement in the cardiorespiratory fitness (VO_2max) ($p<0.05$).

Therefore, the results obtained in the present thesis work suggest that short-term SIT training is an adequate intervention to augment the cognitive domains regulated by hippocampal region in young-adults. The last emphasize the effectiveness of the interval training to improve the function peripheral organs and the central nervous system.

Keywords: Hippocampus, Verbal memory, SIT training, university physically active students.

1. Antecedentes

1.1 Definición y características de HIIT

Durante las últimas décadas, numerosas investigaciones han mostrado los beneficios de la actividad física en la salud en general. Concretamente, un estudio publicado en la Revista Andaluza de Medicina del Deporte, destaca que la actividad física regular se asocia con mejoras en la calidad de vida relacionadas con la salud, incluyendo aspectos físicos, mentales y sociales (Ramírez-Vélez, 2010).

Además, una revisión sistemática publicada en retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación, resalta la importancia de los programas de intervención en ejercicio físico para el desarrollo de la autoeficacia y el aprendizaje en estudiantes infantiles y adolescentes (Soriano Sánchez, Jiménez Vázquez, & Sastre-Riba, 2023). Estos estudios refuerzan la evidencia de que la actividad física desempeña un papel crucial en la promoción de la salud y el bienestar general.

Por otro lado, diferentes organizaciones no gubernamentales con gran trascendencia a escala mundial, como la Organización Mundial de la Salud (OMS 2010), el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM 2011), o la Asociación Americana del Corazón (AHA, 2007), relacionan favorablemente la práctica regular de ejercicio físico con una buena salud general, y por consecuencia, consideran a la actividad física como un aspecto primordial para mantener o preservar la salud.

La práctica de ejercicio físico implica una gran diversidad de variantes, entre las que se encuentra el entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés). Es una modalidad de entrenamiento muy utilizada en el entorno del rendimiento deportivo, particularmente en deportes de resistencia; sin embargo, ha tenido una gran aceptación en los últimos años en los sectores del fitness y la salud (Chicharro & Campos, 2018).

Según Chicharro y Campos (2018), "el HIIT se caracteriza por la realización de series cortas de ejercicio de alta intensidad, intercaladas con periodos de recuperación, lo que permite alcanzar un alto estímulo fisiológico en un menor tiempo en comparación con el ejercicio continuo de moderada intensidad" (p.39).

Otros autores, como Martin Gibala (Gibala & Jones, 2013), mencionan al entrenamiento HIIT como un método de ejercicio que alterna intervalos cortos de alta intensidad (como ejercicios al 90-95% del consumo máximo de oxígeno -

VO₂max) con períodos de recuperación. En referencia a las adaptaciones fisiológicas inducidas por el HIIT, estas implican un aumento en la capacidad cardiorrespiratoria en comparación con los entrenamientos aeróbicos tradicionales (Hannan et al., 2018). Mejoras inducidas por el HIIT sobre variables asociadas al rendimiento neuromuscular también han sido reportadas (Kinnunen et al. 2019)- Adicionalmente, trabajos meta-analíticos y de revisiones sistemáticas han reportado que el HIIT mejora el comportamiento de indicadores de control glucémico (Jiménez-Maldonado et al. 2020; Portela et al., 2023). Empero, se han identificado limitantes beneficios del entrenamiento HIIT sobre variables cardiovasculares como la presión arterial en pacientes con hipertensión (Romero-Vera et al. 2024).

Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad

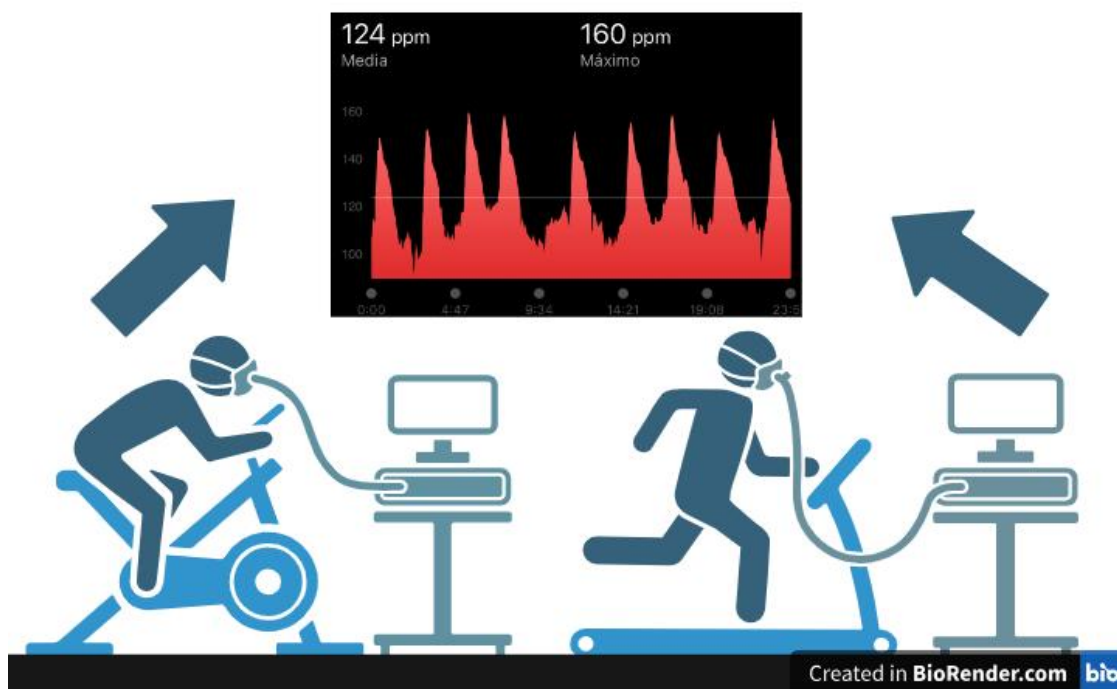


Figura 1. Ejemplo de un protocolo utilizado para el entrenamiento HIIT con monitoreo de pulsaciones cardiacas por minuto (ppm) realizado en un ciclo ergómetro (izquierda) y una banda sinfín (derecha).

1.1.2 Métodos de Diseño del HIIT (Programación de Sesiones)

Como se mencionó previamente, el entrenamiento HIIT ha demostrado ser apto para mejorar el rendimiento cardiorrespiratorio, metabólico y neuromuscular en diferentes poblaciones. Desde una óptica de la investigación científica, el HIIT se realiza comúnmente en bandas de carrera motorizadas, o ciclo-ergómetros de frenado eléctrico (**Figura 1**). En el presente apartado, se describen los principios de

diseño del HIIT basándose en los trabajos de científicos líderes en la disciplina, como Martin Buchheit, Paul Laursen, y otros estudios clave.

1.1.3 Elementos fundamentales del HIIT

El diseño de los entrenamientos HIIT implican considerar diversos factores, mismos que conducirán a adaptaciones concretas en los participantes (Buchheit et al. 2013).

1. **Intensidad de los intervalos:** Determinada como un porcentaje de la velocidad o potencia asociada al VO_2max (90-100%).
2. **Duración del intervalo de trabajo:** Pueden variar de menos de 45 segundos (intervalos cortos) a 2-4 minutos (intervalos largos).
3. **Intensidad del intervalo de recuperación:** generalmente oscilando entre el 50-70% del VO_2max .
4. **Duración del intervalo de recuperación:** Depende del objetivo y del tipo de adaptación deseada; comúnmente entre 30 segundos y 4 minutos.
5. **Relación entre Trabajo y recuperación:** Relación de 1:1 (Ejemplo., 1 minuto de trabajo seguido de 1 minuto de descanso) o relación 2:1 para mayores demandas anaeróbicas.
6. **Número de repeticiones y series:** Ajustado según el volumen total deseado (varía según objetivos).
7. **Modalidad de ejercicio:** Correr, ciclismo, remo, entre otros ejercicios funcionales.

Por otro lado, se ha propuesto también una clasificación de entrenamiento HIIT, basados en variables como la intensidad de los intervalos de alta intensidad, duración de los intervalos, identificando diferentes adaptaciones fisiológicas, dentro de las que se encuentran las siguientes (Buchheit et al. 2013):

1.1.4 Diseños Clásicos y Adaptaciones

1. **Intervalos Largos (2-4 minutos):**
 - Proporcionan adaptaciones cardiorrespiratorias óptimas, incluyendo incrementos en el VO_2max .
 - Ejemplo: 4x4 minutos al 90-95% de VO_2max con 3 minutos de recuperación activa.

2. Intervalos Cortos (menos de 45 segundos):

- Mejoran la tolerancia al lactato y el reclutamiento de fibras musculares rápidas.
- Ejemplo: 30x30 segundos (trabajo:recuperación) al 100% de VO_2 max.

3. Sprint interval training (SIT):

- Mejora la tolerancia al lactato.
- Esfuerzos máximos de 20-30 segundos seguidos de recuperaciones pasivas o activas de 2-4 minutos.
- Ejemplo: 6x30 segundos all out con 4 minutos de descanso.

4. Repeated sprint training (RST).

- Mejora de la tolerancia al lactato.
- Ejemplo: Series de 6-10 sprints máximos de 5-10 segundos con 20-60 segundos de recuperación.

1.2 Entrenamiento HIIT y biomarcadores de cognición relacionados a la función del hipocampo

El hipocampo (HPC) es una estructura cerebral fundamental del sistema límbico de los mamíferos. Esta estructura se localiza en los lóbulos temporales de ambos hemisferios cerebrales (Purves et al. 2004).

El hipocampo está principalmente asociado a procesos de memoria, el aprendizaje contextual, y a la regulación emocional (Byrne 2023). En cuanto a su función dentro de la memoria, el HPC interviene en la memoria declarativa, responsable de almacenar recuerdos explícitos como hechos y eventos importantes (Byrne 2023). Además, juega un papel crucial en la consolidación de la memoria, transfiriendo recuerdos del corto plazo al largo plazo (McGaugh, 2000).

Otra de sus funciones específicas es la orientación espacial, una capacidad que resulta esencial para la navegación y la creación de mapas mentales del entorno (Morris et al., 1982). Así también se reporta que el deterioro del HPC está relacionado con trastornos mentales como la enfermedad de Alzheimer (Braak et al. 1991) y la depresión mayor (Campbell et al. 2004).

Los primeros estudios sobre los efectos del HIIT en la función cerebral se realizaron primeramente en modelos animales, específicamente en roedores (Neeper et al., 1995; Vaynman et al., 2004). Estos experimentos pioneros buscaban comprender

cómo el ejercicio físico de alta intensidad ejecutado en modalidad HIIT lograba influir en fenómenos como la neuroplasticidad, la liberación de factores neurotróficos y el rendimiento cognitivo (Afzalpour et al., 2015; So et al., 2022; Freitas et al., 2018).

Uno de los hallazgos más ilustres y con valor en la comunidad científica fue el impacto del HIIT en la regulación del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés). El BDNF, una proteína fundamental para la supervivencia neuronal, la sinaptogénesis y la consolidación de la memoria (Saucedo Marquez et al. 2015) Los trabajos realizados, reportaron que roedores sometidos a protocolos de HIIT mostraron aumentos significativos de BDNF en áreas críticas como el HCP (Tsai et al., 2021), lo que sugiere un vínculo directo entre el ejercicio interválico y la mejora de funciones cognitivas ligadas a esta región cerebral. Además, los estudios revelaron que el HIIT podría ser más efectivo que el ejercicio continuo de moderada intensidad (ECMI) para estimular cambios neuroquímicos positivos en el cerebro, ya que Hötting y Röder (2013) concluyen que los protocolos con mayor intensidad pueden generar aumentos en la liberación de BDNF y otros mediadores asociados a la plasticidad cerebral, lo que se relaciona directamente con mejoras en la función cognitiva. Esto se atribuye principalmente a los picos repetidos de alta intensidad, los cuales parecen ser eficaces para activar vías moleculares y metabólicas que favorecen una mayor neurogénesis y la plasticidad sináptica (Saucedo Marquez et al. 2015).

Los estudios iniciales realizados en roedores fueron la base para investigaciones más recientes realizadas en humanos (Saucedo Marquez et al., 2015; Cabral-Santos et al., 2016). En ellas, se evaluó el potencial efecto del HIIT como una posible intervención efectiva para potenciar procesos moleculares ligados a la neurogénesis. En ese sentido, los modelos de intervención utilizados fueron ejecutados en cicloergómetro de frenado eléctrico o banda sinfín motorizada. Los estudios reportaron el efecto agudo del entrenamiento HIIT, concretamente se demostró un aumento significativo en la concentración de BDNF en suero al completar la sesión de HIIT (Saucedo Marquez et al., 2015; Cabral-Santos et al., 2016). El aumento en la concentración de BDNF durante y posterior al ejercicio es un marcador directo de activación cerebral (Seifert et al. 2010; Rasmussen et al. 2009). En concordancia con lo anterior, otros estudios reportaron mejoras estadísticamente relevantes en la atención y funciones ejecutivas en población adolescente y adultos jóvenes universitarios, como consecuencia de la práctica del

HIIT (Budde et al. 2012; Bahdur et al. 2019; Slusher et al. 2018). Adicionalmente, también existen estudios en los cuales se ha demostrado que la intervención aguda de HIIT ejecutado con el propio peso corporal conduce a mejoras en la atención selectiva de estudiantes universitarios sanos (Walsh et al. 2018).

En referencia a las posibles adaptaciones celulares inducidas por el HIIT para explicar las mejoras en la función cerebral, está la participación del lactato sanguíneo sintetizado durante el HIIT. En concreto se propone que esta molécula alcanza al cerebro para activar la producción de péptidos y proteínas asociadas a la cognición, siendo el BDNF una proteína clave para mejorar la función cognitiva (Jacob et al. 2022; Hashimoto et al. 2021; Jiménez-Maldonado et al. 2020; García Suárez et al. 2020). Por otro lado, evidencia recientemente publicada ha resaltado que el entrenamiento crónico (largo plazo) de HIIT que incluyó carrera en banda sinfín por 36 sesiones, generó un aumento en el flujo sanguíneo cerebral y mejoras en el rendimiento de las funciones ejecutivas de adultos jóvenes sanos; sin embargo, las adaptaciones previamente descritas fueron observadas en mayor magnitud en el entrenamiento continuo (Liu et al. 2023).

2. Justificación

Como se ha descrito anteriormente, la función del HCP es de gran notoriedad, puesto que participa en diversas funciones cognitivas, particularmente la memoria verbal y visual. En ese sentido, se ha reportado que un deterioro, y/o deficiencias en la función verbal es un factor de riesgo a desarrollar Alzheimer durante la senectud (Caselli et al. 2014). Por otro lado, se conoce que la memoria verbal y visual, son esenciales para la adaptación y el desarrollo del ser humano en su entorno. Un adecuado funcionamiento cognitivo es primario para la vida cotidiana, influyendo en el rendimiento académico, profesional y social, así como en la autonomía y calidad de vida a lo largo de la senectud.

Por lo anterior, consideramos relevante estudiar el impacto del ejercicio físico en sus diferentes modalidades sobre los dominios cognitivos regulados por el HCP. En el presente trabajo de tesis se emplea el entrenamiento interválico basado en sprints, una submodalidad del entrenamiento HIIT que ha mantenido una alta popularidad en los últimos 5 años (Thompson WR 2023). Estos datos iniciales, podrían ser de

relevancia para abordar similares procedimientos en población con algún desorden metabólico con alta prevalencia mundial y regional.

3. Pregunta de investigación

¿Qué impacto tiene el entrenamiento interválico basado en sprints sobre las funciones cognitivas mediadas por el hipocampo?

4. Hipótesis

Un programa de entrenamiento de 12 sesiones del entrenamiento interválico basado en sprints es un estímulo eficaz para mejorar las funciones cognitivas mediadas por el hipocampo.

5. Objetivo general

Determinar el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre las funciones cognitivas mediadas por el hipocampo en jóvenes universitarios físicamente activos.

6. Objetivos específicos

1. Determinar el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre memoria verbal en jóvenes universitarios físicamente activos.
2. Determinar el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre memoria visual en jóvenes universitarios físicamente activos.
3. Evaluar el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre el nivel cardiorrespiratorio en jóvenes universitarios físicamente activos.
4. Evaluar el impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre la composición corporal en jóvenes universitarios físicamente activos.

7. Metodología

7.1 Diseño de estudio

El presente trabajo de tesis implicó un modelo cuasi-experimental pre-test/post-test sin grupo control. La duración total del estudio fue de 6 semanas, implicando 1 semana para las evaluaciones iniciales, la semana 2 a la 5 se aplicó el entrenamiento interválico basado en sprints, y en la semana 6 se realizaron las evaluaciones post-intervención. Los participantes fueron reclutados por invitación personal, los individuos interesados en participar en el proyecto recibieron una explicación detallada de los procedimientos a realizar durante el estudio. Después de explicar detalladamente los procedimientos experimentales, los sujetos que decidieron participar de manera voluntaria en el estudio, firmaron una carta de consentimiento informado (ver anexos).

Una vez firmada la carta de consentimiento informado se consideraron los siguientes criterios de inclusión y exclusión para los interesados:

Criterios de inclusión: Practicar de manera regular ejercicio físico de intensidad moderada o alta, según lo establecido por el ACSM (2022), experiencia previa con ejercicios de carrera en banda sinfín, y contar con seguro médico.

Criterios de exclusión: Presentar lesiones (desgarre muscular, fractura, tendinitis, bursitis, contractura, esguince etc.), o padecimientos (hipertensión, cardiopatías, etc.) que les impidan realizar ejercicio físico; ser menor de 18 años o mayor de 35 años, tener menos de 1 año de experiencia en realizar ejercicio de carrera en banda sinfín, presentar alguna lesión (desgarre, fractura, tendinitis, bursitis, contractura, esguince etc.) o patología física (hipertensión, tendinopatía crónica, hiperlordosis, escoliosis etc.), falta de disponibilidad para participar en el estudio, consumo crónico o espontáneo de alucinógenos o psicotrópicos, consumo crónico de alcohol y tabaco, y no contar con una póliza de protección de gastos médicos o estar respaldadas por alguna institución de seguridad social.

7.2 Muestra

Se trabajó con 12 participantes jóvenes físicamente activos todos pertenecientes a la Facultad de Deportes Ensenada (alumnos regulares). Los participantes fueron distribuidos en 2 grupos, un grupo con entrenamiento continuo de baja intensidad (ECBI) (n=7, 5h/2m) (edad: 20.0 ± 2.30 años) y grupo de SIT (n=5, 4h/1m) (edad: 20.0 ± 0.75 años).

7.3 Medidas antropométricas y cardiovasculares

La estatura se determinó utilizando un estadiómetro (Biospace, Corporation, Seúl, Corea del Sur) con una precisión de ± 1 mm. El análisis de bioimpedancia se realizó con un analizador InBody™ modelo 770 (Seúl, Corea). Para el análisis de composición corporal (peso corporal [kg], masa grasa [%], masa muscular [kg], índice de composición corporal [IMC = kg/m^2] y ángulo de fase), se instruyó a los participantes a abstenerse de comer o beber durante 2 horas antes de la prueba (**Figura 2**). Además, se les solicitó evitar realizar ejercicio moderado o vigoroso y abstenerse de consumir ayudas ergogénicas 24 horas antes de la evaluación. Una vez completado el análisis de composición corporal, se registró la frecuencia cardíaca en reposo (FC basal), la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD), para ello se utilizó un monitor automático de presión arterial Tango M2 (Morrisville, NC, EE. UU.). La PAS, y PAD se evaluaron siguiendo las directrices previamente publicadas (Whelton et al., 2017). Se realizaron dos mediciones con un intervalo de 1 minuto entre ellas, y para el análisis de los datos se consideró el valor promedio de ambas mediciones (Whelton et al., 2017).



Figura 2. Ejemplificación de composición corporal por bioimpedancia (prueba InBody) realizada en los sujetos de estudio.

7.4 Prueba de Esfuerzo Gradual (PEG)

Los participantes realizaron una prueba de esfuerzo gradual (PEG) hasta la fatiga voluntaria para estimar el nivel de aptitud física ($VO_2\text{max}$) (Amorim et al., 2019). La PEG se realizó siguiendo procedimientos previamente publicados (Cabral-Santos et al., 2016), con modificaciones menores. Brevemente, la prueba comenzó con un calentamiento corriendo a 5.0 km/h con una inclinación del 1%. Posteriormente, la velocidad de la cinta se incrementó en 1 km/h cada 2 minutos hasta la extenuación del participante. La velocidad final alcanzada se consideró como la velocidad máxima (V_{max}). Durante el PEG, los miembros del equipo de investigación alentaron a los participantes a dar su máximo esfuerzo.

En reposo e inmediatamente al finalizar la PEG, se registró la frecuencia cardíaca final (FC final). Para lo anterior, se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca Polar H10 (Polar, Electro Oy, Kempele, Finlandia). En el mismo sentido, los niveles de lactato sanguíneo (BLa) fueron registrados en reposo, y al finalizar la prueba de esfuerzo. Para el registro de la concentración de lactato sanguíneo [BLa], se utilizó un lactómetro portátil marca LACTATE PLUS (Nova Biomedical) con tiras reactivas

específicas para mediciones de lactado en sangre. Para la determinación de [BLa] se obtuvieron muestras de sangre capilar de los dedos medio y anular.

7.5 Protocolos de Entrenamiento

El programa SIT se realizó en una banda sinfín motorizada (Lifefitness). El protocolo consistió en 12 sesiones de ejercicio (3 por semana, por 4 semanas) con un volumen de entrenamiento progresivamente mayor semana a semana. Las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo los lunes, miércoles y viernes durante el periodo de entrenamiento, entre las 09:00 y las 13:00 h, en el tiempo libre personal (horario libre entre clases) de los estudiantes. Las primeras tres sesiones comenzaron con un calentamiento de 2 minutos corriendo al 40% de la velocidad máxima (V_{max}). Luego, se realizó un intervalo de alta intensidad durante 2 minutos al 100% de V_{max} , seguido de un intervalo de baja intensidad, con un total de tres ciclos de alta y baja intensidad. La proporción alta:baja para estas sesiones fue 2:2 = 1 (Billat et al., 2001), y el tiempo total de entrenamiento fue de 12 minutos. Las siguientes cuatro sesiones consistieron en cuatro ciclos de SIT. La proporción alta:baja cambió a 2:1 = 2, con una duración total de 12 minutos. Finalmente, las últimas cinco sesiones incluyeron cinco ciclos, manteniendo la proporción alta:baja de 2:1 = 2, con una duración total de 15 minutos (**Figura 3**). Se registró la distancia total (km) recorrida, estos datos se obtuvieron directamente del sistema de registro de la banda sinfín. El protocolo interválico aplicado, se considera una intervención de volumen moderado (MV-HIIT) y corta duración (ST-HIIT) (Wen et al., 2019). Por su parte el grupo ECBI realizó ejercicios de carrera en la misma cinta eléctrica (Lifefitness) durante el mismo tiempo que el grupo SIT. Sin embargo, la intensidad se estableció al 40% de V_{max} . Este diseño de intervención paralelo para estudiar el impacto de dos modalidades de ejercicio sobre la cognición ha sido recientemente utilizado (Kao et al., 2021).



Figura 3. Representación de una sesión de entrenamiento realizada por el grupo experimental (SIT).

7.6 Medición de habilidades cognitivas

Los dominios cognitivos fueron evaluados durante una sola sesión de 60 minutos, utilizando pruebas psicométricas específicas aplicadas en cámaras Gessel y con examinadores capacitados.

7.6.1 Memoria verbal:

La memoria verbal fue evaluada con el *Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense (TAVEC)* (Nieto et al., 2014). El TAVEC consiste en tres listas de palabras presentadas como “listas de compras”: una Lista de Aprendizaje (lista A), una Lista de Interferencia (lista B) y una Lista de Reconocimiento (lista C):

- La **lista A** incluye 16 palabras agrupadas en cuatro categorías. El test involucra cinco ensayos consecutivos con recuerdo libre inmediato, en los que el participante menciona todas las palabras recordadas (ensayos 1 al 5). Tras completar los 5 ensayos con la lista A, el evaluador lee en voz alta una lista de interferencia (lista B), seguida por el recuerdo libre inmediato de esta. Posteriormente, se realiza otro ejercicio de recuerdo libre de la lista A, seguido de un recuerdo guiado

semántico de la misma lista. Finalmente, después de 20 minutos de intervalo, se efectúa un recuerdo guiado semántico y una prueba de reconocimiento tipo sí/no de la lista A, y B (Benedet et al. 2014)

7.6.2 Memoria visual:

La memoria visual fue medida con el *Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF)*, siguiendo una metodología previamente publicada (Zhang et al., 2021).

- A los participantes se les presenta una hoja con la figura ROCF en la parte superior y se les pide que la copien en el espacio inferior lo más rápido posible (integración de información) (ROCFT-1).
- Una vez completada la copia, se retira la figura y se pide al participante que reproduzca la figura del Rey sin exposición a ella (recuerdo inmediato, ROCFT-2).
- Treinta minutos después, se les solicita nuevamente que reproduzcan la figura del Rey, sin exposición a ella (recuerdo a largo plazo, ROCFT-3).
- En este test se utilizó la puntuación de Osterrieth, con un puntaje máximo de 36 puntos.

7.7 Análisis estadístico

Los datos se reportan como media \pm desviación estándar (SD). Se realizaron pruebas t de Student no pareada, y análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de dos vías para evaluar diferencias entre variables. En caso de interacción significativa o efectos principales, se utilizaron pruebas *post hoc* de Bonferroni para determinar diferencias. Los análisis estadísticos se realizaron con el software GraphPad Prism (V8.0, GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, EE. UU.), fijando una significancia estadística de $p \leq 0.05$.

8. Resultados

Los datos demográficos, y cardiovasculares al inicio de la intervención de todos los participantes se muestran en la **Tabla 1**.

Variables	SIT	ECBI	Valor de p
Edad (años)	20.0 ± 2.30	20.0 ± 0.75	0.47
I.M.C (kg/m ²)	23.40 ± 4.47	27.10 ± 6.07	0.61
P.A.S.(mmHg)	129.0 ± 19.78	136.0 ± 18.39	0.88
P.A.D.(mmHg)	70.00 ± 9.44	84.00 ± 14.29	0.48
FC basal (bpm)	64.00 ± 24.20	70.00 ± 12.87	0.91

Nota: PAS, presión arterial sistólica; PAD, presión arterial diastólica; RDP, FC-basal, frecuencia cardiaca basal; doble productor. Se reportan promedio ± desviación estándar.

Por su parte, las variables antropométricas de interés en el presente trabajo de tesis se muestran en la Tabla 2.

8.2 Resultados antropométricos y cardiovasculares

Las variables antropométricas entre grupos durante la intervención se reportan en la tabla 2.

Variable	ECBI (n=7)		SIT (n=5)		Valor de p		
	Pre-intervención	Post-intervención	Pre-intervención	Post-intervención	Efecto del tiempo	Efecto grupo	Efecto de interacción
Masa muscular (kg)	29.3 ± 4.9	29.1 ± 5.3	33 ± 4.08	32.7 ± 3.7	0.34	0.21	0.99
Grasa corporal (%)	29.7 ± 11.9	30.37 ± 10.7	21.46 ± 7	21.5 ± 7.1	0.43	0.16	0.50
Grasa visceral (cm ²)	112.1 ± 65.1	116.02 ± 61.5	63.1 ± 40.8	62.82 ± 39.4	0.29	0.14	0.22
Ángulo de fase (°)	6.4 ± 0.42	6.2 ± 0.52	7.04 ± 0.58	7.00 ± 0.45	0.15	0.03	0.37

Los datos se presentan como media ± desviación estándar.

8.3 Resultados fisiológicos y bioquímicos en prueba de esfuerzo gradual

Las variables cardiovasculares, y bioquímicas colectadas durante las PEG se reportan en la **Tabla 3**. En cuanto a los datos cardiovasculares, el entrenamiento ECBI a corto plazo no indujo cambios significativos en dichas variables.

Tabla 3. Parámetros fisiológicos y bioquímicos recopilados antes y justo después de completar la prueba de ejercicio gradual.

Momento	Variable	ECBI Pre- GXT	ECBI Post- GXT	SIT Pre- GXT	SIT Post- GXT	p valor (tiempo)	p valor (grupo)	p valor (interacción)
Basal	FC (bpm)	67.42 ± 14.77	189.14 ± 20.96	71.0 ± 23.68	194.80 ± 14.11	0.001	0.55	0.89
	Intensidad del ejercicio (% FCM)	94.43 ± 10.46	—	97.56 ± 6.31	—		0.56	
	Percepción del esfuerzo (Borg)	17.0 ± 2.9	—	18.0 ± 2.0	—		0.53	
	Lactato en sangre (mmol/L)	3.7 ± 0.74	14.68 ± 4.26	2.7 ± 1.03	17.65 ± 3.37	0.001	0.71	0.33
Post- tratamiento	FC (bpm)	71.67 ± 8.55	195.57 ± 18.42	78.7 ± 21.87	190.0 ± 13.62	0.001	0.92	0.39
	Intensidad del ejercicio (% FCM)	97.66 ± 9.32	—	95.14 ± 7.79	—		0.58	
	Percepción del esfuerzo (Borg)	17.0 ± 1.55	—	18.0 ± 2.0	—		0.37	
	Lactato en sangre (mmol/L)	3.7 ± 0.86	14.75 ± 5.68	2.3 ± 0.97	11.7 ± 1.55	0.001	0.14	0.35

Los datos se presentan como media ± desviación estándar. HR: frecuencia cardíaca; bpm: latidos por minuto; GXT: prueba de ejercicio gradual.

8.4 Resultados de VO₂max

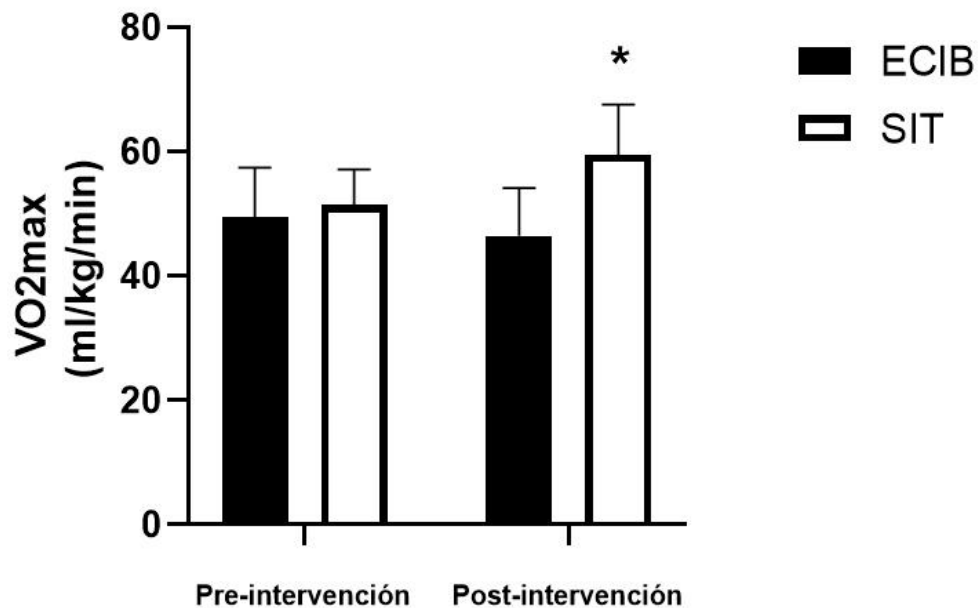


Figura 3. Aptitud cardiorrespiratoria. Se reportan promedio y desviación estándar. * $p < 0.05$ vs Pre-intervención

Los datos de **VO₂max** estimados se reportan en la **Figura 3**. Para esta variable, se identificó un efecto significativo de interacción ($F(1, 10) = 8.3$; $p = 0.01$). En relación con esto, el análisis *post hoc* reveló que la aptitud cardiorrespiratoria mejoró significativamente en el grupo SIT ($p = 0.01$) (**Figura 3**). En consideración con la distancia recorrida durante la primera y última sesión, se identificó un efecto en la interacción ($F(1, 9) = 26.29$; $p = 0.0006$). El análisis *post* reveló que la distancia recorrida incrementó significativamente en el grupo SIT ($p = 0.01$) (**Figura 4**).

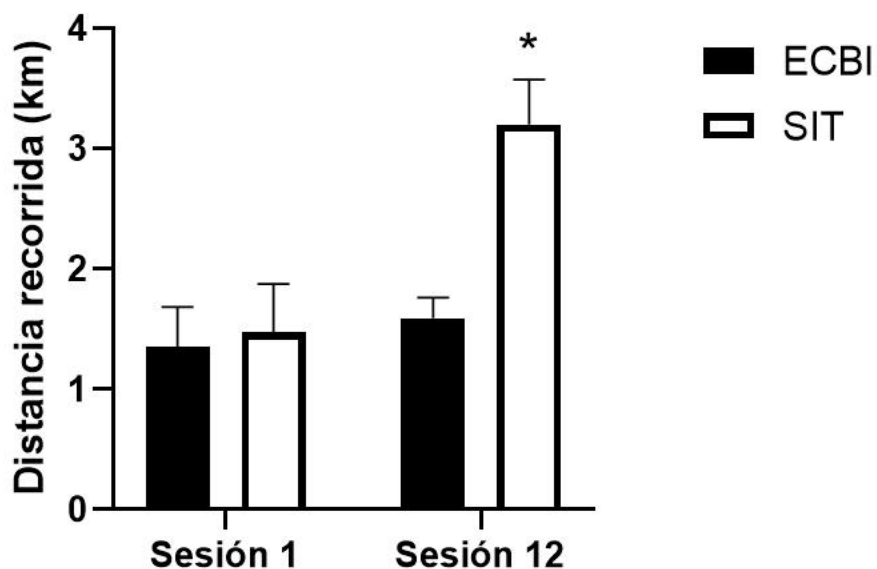


Figura 4. Distancia recorrida. Se reportan promedio y desviación estándar. * $p < 0.05$ vs Pre-intervención

Finalmente, las variables neurocognitivas se muestran en la **Tabla 4**. En detalle se observa que, para el aprendizaje verbal, se encontró un efecto principal de interacción sólo en el TAVEC2 ($F(1, 10) = 4,7; p = 0,04$), que condujo a un cambio estadístico en el grupo ECBI al final de la intervención ($p = 0,006$). Además, se encontró una interacción significativa en la memoria semántica verbal a corto plazo ($F(1, 10) = 4,7; p = 0,04$). El grupo SIT mostró una puntuación estadísticamente mejor en este dominio al final del tratamiento ($p = 0,0008$). Finalmente, para la memoria visual se encontró una mejora significativa a través del tiempo en ambos grupos (**Tabla 4**).

8.5. Resultados neurocognitivos.

Tabla 4. Datos de la evaluación cognitiva

Variables	SIT		ECBI		p value		
	Basal	Post-intervention	Basal	Post-intervention	efecto tiempo	efecto grupo	efecto interacción
TAVECL1	7,00 ± 1.988	7,00 ± 2.925	6,00 ± 1.272	8,00 ± 2.230	0.99	0.26	0.26
TAVECL2	8,00 ± 2.878	8,00 ± 4.106	7,00 ± 1.676	12,00 ± 2.605*	0.04	0.20	0.04
TAVECL3	10,00 ± 3.671	11,00 ± 2.915	9,00 ± 3.780	11,00 ± 1.642	0.25	0.69	0.69
TAVECL4	12,00 ± 2.563	12,00 ± 2.268	12,00 ± 3.780	13,00 ± 1.808	0.66	0.66	0.66
TAVECL5	12,00 ± 3.343	12,00 ± 2.615	12,00 ± 3.535	14,00 ± 1.852	0.41	0.41	0.41
TAVECLB	5,00 ± 2.138	10,00 ± 1.581	4,00 ± 2.149	7,00 ± 2.642	0.003	0.04	0.28
TAVECRLCP	9,00 ± 2.699	14,00 ± 3.091	9,00 ± 4.461	10,00 ± 2.850	0.04	0.17	0.17
TAVECRCPSEMANTICA	9,00 ± 1.799	15,00 ± 2.765**	11,00 ± 2.116	13,00 ± 2.268	0.003	0.99	0.04
TAVECRLLP	12,00 ± 2.138	11,00 ± 2.605	11,00 ± 1.988	12,00 ± 2.031	0.99	0.99	0.27
TAVECRLPSEMANTICA	12,00 ± 2.138	14,00 ± 2.774	11,00 ± 2.116	13,00 ± 1.832	0.03	0.28	0.99
REY1	30,00 ± 6.122	33,00 ± 1.031	30,00 ± 4.670	34,00 ± 1.982	0.04	0.76	0.76
REY2	22,00 ± 5.155	31,00 ± 3.742	18,00 ± 7.064	23,00 ± 7.344	0.01	0.03	0.44
REY3	22,00 ± 4.499	26,00 ± 5.125	19,00 ± 6.047	24,00 ± 6.105	0.06	0.29	0.83

TAVEC E1-5: TAVEC ensayos del 1 al 5, **TAVECLB:** Lista 2 de interferencia del TAVEC. **TAVECRLCP:** Memoria verbal a corto plazo del TAVEC. **TAVECRCPSEMANTICA:** Memoria verbal a corto plazo con ayuda semántica; **TAVECRLLP:** Memoria verbal a largo plazo del TAVEC. **TAVECRLPSEMANTICA:** Memoria verbal a largo plazo con ayuda semántica **REY1:** Copia del REY; **REY2:** Copia del REY2 memoria visual a corto plazo; **REY3:** Copia del REY3 memoria visual a largo plazo.

9. Discusión

En el presente trabajo de tesis se analizó el impacto de un programa de entrenamiento interválico basado en sprints (SIT por sus siglas en inglés) a corto plazo sobre dominios cognitivos mediados por el hipocampo en estudiantes universitarios saludables. Los datos iniciales indican que el SIT es más efectivo para mejorar la memoria verbal a corto plazo (memoria semántica). En contraste, ambos tipos de entrenamiento indujeron un mejor desempeño en la memoria visual (a corto y largo plazo). También identificamos una mayor aptitud cardiorrespiratoria tras completar un programa de SIT a corto plazo, pero estos cambios no estuvieron acompañados de alteraciones en la composición corporal de los participantes.

El VO_2 max mejoró después de doce sesiones de SIT a corto plazo. Nuestros datos iniciales coinciden con reportes previos (Sian et al., 2021; Astorino et al., 2012). Los cambios en el VO_2 max inducidos por el entrenamiento interválico podrían atribuirse a adaptaciones fisiológicas (incremento del gasto cardíaco, volumen sistólico o volumen sanguíneo) y adaptaciones moleculares, como un mayor contenido y función mitocondrial más activa en los músculos (MacInnis et al., 2017). Al respecto, estudios han demostrado que el SIT a corto plazo eleva la actividad mitocondrial (MacInnis et al., 2017; Granata et al., 2015; Gibala et al., 2006), mientras que intervenciones de 24 a 36 sesiones son habituales para aumentar el gasto cardíaco (Bostad et al., 2021; Helgerud et al., 2007). Por lo tanto, no descartamos que nuestro protocolo de SIT pueda inducir algunos cambios en la función mitocondrial que contribuyan a la mejora del VO_2 max, mas no por adaptación centrales ligadas a la aptitud cardiorrespiratoria.

La memoria a corto plazo (memoria semántica) mejoró en los participantes que realizaron el entrenamiento interválico de sprint. Este hallazgo inicial es novedoso en poblaciones de jóvenes adultos, y relativamente poco estudiado en población de adultos mayores (Won et al. 2019). En ese sentido, fue demostrado que el entrenamiento aeróbico aumenta la actividad y sincronización neuronal en la región del cortex temporal (giro temporal medio, giro temporal superior), y áreas del HPC (giro parahipocampal), que se refleja en un mejor rendimiento de la memoria semántica en los participantes (Won et al. 2019). La mejora en la aptitud cardiorrespiratoria observada con el SIT podría ser una explicación parcial del mejor

desempeño en la memoria a corto plazo (proceso de consolidación) (Chang et al., 2012; Roig et al., 2013). Concretamente, estudios han demostrado que los niveles de aptitud física están asociados con un mayor volumen del HPC, y el tamaño del HPC se relaciona con un buen desempeño en memoria (Eisenstein et al., 2022; Erickson et al., 2011; Chaddock et al., 2010).

Además, datos meta-analíticos han demostrado que el entrenamiento interválico crónico incrementa significativamente la síntesis del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés) (García-Suárez et al., 2021). El BDNF es una neurotrofina que aumenta la sinaptogénesis y la neurogénesis, lo que lleva a mejoras en la cognición (Walsh et al., 2019). Por lo tanto, no descartamos que el programa de SIT aplicado en este trabajo haya incrementado la producción de BDNF en los participantes, resultando en un mejor desempeño en los dominios de memoria.

También se sabe que el ejercicio de alta intensidad es bien tolerado por participantes con un buen nivel de aptitud física (Frazão et al., 2016). En este sentido, modelos teóricos indican que el ejercicio de alta intensidad incrementa la vía dopaminérgica (McMorris, 2016), aumentando la concentración de dopamina y epinefrina en el cerebro, lo que mejora la cognición en practicantes de SIT.

Particularmente, se ha demostrado mediante resonancia magnética (MRI) y técnicas de imagen por tensor de difusión (DTI) que un mayor volumen y una mejor integridad microestructural del hipocampo conducen a una mejor habilidad en fluidez verbal (Eisenstein et al., 2022; Vonk et al., 2019). La integridad microestructural del HPC evaluada con DTI refleja el mantenimiento del microambiente a nivel celular en el cerebro (Henf et al., 2018), lo que incluye adaptaciones microvasculares y metabólicas (contenido de glucógeno y función mitocondrial en el cerebro) (Eisenstein et al., 2022). Ambos factores son relevantes para mejorar el desempeño en tareas de memoria (Agrawal et al., 2016; Dienel et al., 2017).

Se ha observado que la actividad física tiene un efecto positivo en la memoria visual, la cual está severamente relacionada con la función del HPC (Suwabe et al. 2018; Erickson et al., 2011). Estudios previos han demostrado que la práctica de actividad física regular favorece la neurogénesis, la sinaptogénesis y la plasticidad sináptica

en esta región del cerebro, lo que constituye a un efecto positivo en el reconocimiento y la retención de información visual (Erickson et al., 2011; Stillman et al., 2016). Conjuntamente, la mayor oxigenación cerebral y los cambios en la conectividad funcional asociados al ejercicio dan pie a la posibilidad de optimizar el procesamiento de imágenes y la recuperación de recuerdos visuales, facilitando un mejor desempeño en tareas de aprendizaje espacial y reconocimiento de patrones (Voss et al., 2019).

Finalmente, es oportuno señalar que el menor desempeño en la fluidez verbal del grupo de SIT al inicio del estudio podría representar una fuente de sesgo. En este sentido, autores han mencionado previamente que los participantes con bajo desempeño cognitivo inicial en un dominio pueden beneficiarse más tras completar una intervención de ejercicio físico (Roig et al., 2013).

10. Conclusiones

El cerebro es un tejido altamente sensible a la actividad física. Los datos iniciales del presente estudio mostraron que el entrenamiento interválico basado en sprints es una estrategia viable para mejorar la memoria visual y verbal en adultos jóvenes con un buen nivel de aptitud cardiorrespiratoria.

11. Perspectivas del trabajo de tesis

1. Diseño experimental y ampliación de la muestra

Para demostrar de forma más concluyente los efectos del entrenamiento interválico basado en sprints (SIT) en la memoria visual y semántica, recomendamos futuros estudios con diseños controlados aleatorizados (RCT) y un tamaño de muestra mayor. Asimismo, sugerimos incluir población más diversa, como adultos mayores, personas con menor rendimiento cognitivo basal o individuos con enfermedades neurodegenerativas, para explorar la aplicabilidad clínica del protocolo.

2. Diversificación y comparación de protocolos de entrenamiento

Proponemos evaluar la efectividad de intervenciones más prologadas (por ejemplo, 24-36 sesiones) de entrenamiento SIT, con el objetivo de analizar no solo mejoras en el $VO_2\text{max}$, sino también adaptaciones en la composición corporal y otras

variables fisiológicas como el gasto cardiaco, e identificar la posible asociación entre cambios fisiológicos inducidos por el SIT y el rendimiento cognitivo. Además, sería valioso comparar el SIT con otras modalidades de entrenamiento aeróbico o HIIT para identificar cual produce mayores beneficios sobre la cognición y la aptitud cardiorrespiratoria.

3. Integración de técnicas de neuroimagen y biomarcadores

La incorporación de herramientas como resonancia magnética funcional (MRI) e imagen por tensor de difusión (DTI) permitiría asociar los cambios cognitivos con alteraciones estructurales en regiones cerebrales clave, como el hipocampo. Además, medir biomarcadores como el BDNF u otros factores neurotróficos ofrecería evidencia más directa sobre los mecanismos de neuroplasticidad inducidos por el ejercicio interválico de alta intensidad.

12. Referencias

ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (11^a ed.). (2022).

Afzalpour, M. E., Chadorneshin, H. T., Foadoddini, M., & Eivari, H. A. (2015). Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiology & Behavior*, 147, 78–83. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.04.012>

Amorim, H., Cadilha, R., Parada, F., & Rocha, A. (2019). Progression of aerobic exercise intensity in a cardiac rehabilitation program. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 38(4), 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2018.07.009>

Astorino, T. A., Allen, R. P., Roberson, D. W., & Jurancich, M. (2012). Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 138–145. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318218dd77>

Bahdur, K., Gilchrist, R., Park, G., Nina, L., & Pruna, R. (2019). Effect of HIIT on cognitive and physical performance. *Apunts. Medicina de L'esport*, 54(204), 113–117. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2019.07.001>

Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice: Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 13–31.

Bostad, W., Valentino, S. E., McCarthy, D. G., Richards, D. L., MacInnis, M. J., MacDonald, M. J., & Gibala, M. J. (2021). Twelve weeks of sprint interval training increases peak cardiac output in previously untrained individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 121(9), 2449–2458. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04714-4>

- Braak, H., & Braak, E. (1991). Neuropathological staging of Alzheimer-related changes. *Acta Neuropathologica*, 82(4), 239–259. <https://doi.org/10.1007/BF00308809>
- Budde, H., Brunelli, A., Machado, S., Velasques, B., Ribeiro, P., Arias-Carrión, Ó., & Voelcker-Rehage, C. (2012). Intermittent maximal exercise improves attentional performance only in physically active students. *Archives of Medical Research*, 43(2), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2012>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Byrne, J. H. (2023). Chapter 7: Somatosensory pathways. En *Neuroscience Online: An Electronic Textbook for the Neurosciences*. The University of Texas Medical School at Houston. Recuperado de <https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/s1/chapter07.html>
- Caselli, R. J., Locke, D. E., Dueck, A. C., Knopman, D. S., Woodruff, B. K., Hoffman-Snyder, C., ... Reiman, E. M. (2014). The neuropsychology of normal aging and preclinical Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 10(1), 84–92.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249–256. <https://doi.org/10.1159/000316648>
- López Chicharro, J. L., & Vicente Campos, D. V. (2018). *HiiT de la teoría a la práctica*. Madrid, España: el autor.
- Campbell, S., & MacQueen, G. (2004). The role of the hippocampus in the pathophysiology of major depression. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 29(6), 417–426. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC524959/>
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Dienel, G. A. (2017). The metabolic trinity, glucose–glycogen–lactate, links astrocytes and neurons in brain energetics, signaling, memory, and gene expression. *Neuroscience Letters*, 637, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.02.052>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017–3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>

- Frazão, D. T., De Farias Junior, L. F., Dantas, T. C. B., Krinski, K., Elsangedy, H. M., Prestes, J., Hardcastle, S. J., & Costa, E. C. (2016). Feeling of pleasure to high-intensity interval exercise is dependent on the number of work bouts and physical activity status. *PLOS ONE*, *11*(3), e0152752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152752>
- Freitas, D. A., Rocha-Vieira, E., Soares, B. A., Nonato, L. F., Fonseca, S. R., Martins, J. B., Mendonça, V. A., Lacerda, A. C., Massensini, A. R., Poortmans, J. R., Meeusen, R., & Leite, H. R. (2018). High intensity interval training modulates hippocampal oxidative stress, BDNF and inflammatory mediators in rats. *Physiology & Behavior*, *184*, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.10.027>
- García-Suárez, P. C., Rentería, I., Wong-Avilés, P. G., Franco-Redona, F., Gómez-Miranda, L. M., Corona, J. A. A., Plaisance, E. P., Moncada-Jiménez, J., & Jiménez-Maldonado, A. (2020). Hemodynamic adaptations induced by short-term run interval training in college students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(13), 4636. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134636>
- García-Suárez, P. C., Rentería, I., Plaisance, E. P., Moncada-Jiménez, J., & Jiménez-Maldonado, A. (2021). The effects of interval training on peripheral brain derived neurotrophic factor (BDNF) in young adults: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, *11*(1), 8937. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88496-x>
- Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. In L. J. C. Van Loon & R. Meeusen (Eds.), *Nestlé Nutrition Institute Workshop Series* (Vol. 76, pp. 51–60). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000350256>
- Gibala, M. J., Little, J. P., Van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., ... Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, *575*(3), 901–911.
- Granata, C., Oliveira, R. S. F., Little, J. P., Renner, K., & Bishop, D. J. (2015). Training intensity modulates changes in PGC-1 α and p53 protein content and mitochondrial respiration, but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle. *The FASEB Journal*, *30*(2), 959–970. <https://doi.org/10.1096/fj.15-276907>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3180304570>
- Hashimoto, T., Tsukamoto, H., Andò, S., & Ogoh, S. (2021). Effect of exercise on brain health: The potential role of lactate as a myokine. *Metabolites*, *11*(12), 813. <https://doi.org/10.3390/metabo11120813>
- Hannan, A. L., Hing, W., Simas, V., Climstein, M., Coombes, J. S., Jayasinghe, R., Byrnes, J., & Furness, J. (2018). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, *9*, 1–17. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S150596>

- Jiménez-Maldonado, A., García-Suárez, P. C., Rentería, I., Moncada-Jiménez, J., & Plaisance, E. P. (2020). Impact of high-intensity interval training and sprint interval training on peripheral markers of glycemic control in metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Basis of Disease*, 1866(8), 165820.
- Kao, S.-C., Wang, C.-H., Kamijo, K., Khan, N., & Hillman, C. (2021). Acute effects of highly intense interval and moderate continuous exercise on the modulation of neural oscillation during working memory. *International Journal of Psychophysiology*, 160, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.12.003>
- Kinnunen, J.-V., Piitulainen, H., & Piirainen, J. M. (2019). Neuromuscular adaptations to short-term high-intensity interval training in female ice-hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 479–485.
- Liu, J., Min, L., Liu, R., Zhang, X., Wu, M., & Di, Q. (2023). The effect of exercise on cerebral blood flow and executive function among young adults: A double-blinded randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 13, 8269. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33063-9>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory—A century of consolidation. *Science*, 287(5451), 248–251. <https://doi.org/10.1126/science.287.5451.248>
- McMorris, T. (2016). Developing the catecholamines hypothesis for the acute exercise–cognition interaction in humans: Lessons from animal studies. *Physiology & Behavior*, 165, 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.08.011>
- Nieto, A., Hernández-Rodríguez, E., Hernández-Torres, A., Velasco-Rodríguez-Solís, P., Hess-Medler, S., Machado-Fernández, A., et al. (2014). Versión paralela del test de aprendizaje verbal España-Complutense (TAVEC). *Revista de Neurología*, 58, 389–395. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331130526_Version_paralela_del_test_de_aprendizaje_verbal_Espana-Complutense_TAVEC [accedido el 22 de febrero de 2025].
- Neeper, S. A., Góaucomez-Pinilla, F., Choi, J., & Cotman, C. (1995). Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373(6510), 109. <https://doi.org/10.1038/373109a0>
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/en/>
- Portela, P. F. D. M., Neto, V. G. C., Monteiro, E. R., Santos Da Silva, R., Da Silva, V. F., Nogueira, C. J., Schutz, S., Scudese, E., Salvino, A. K. S., & Valentim-Silva, J. R. (2023). HIIT is most effective than MICT on glycemic control of older people with glucose metabolism impairments: A systematic review and meta-analysis. *Primary Care Diabetes*, 17(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2023.01.009>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., Lamantia, A.-S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2004). *Neuroscience* (3ª ed.). Sinauer Associates, Inc.

- Ramírez-Vélez, R. (2010). Actividad física y calidad de vida relacionada con la salud: Revisión sistemática de la evidencia actual. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(3), 110–120.
- Rasmussen, P., Brassard, P., Adser, H., Pedersen, M. V., Leick, L., Hart, E., Secher, N. H., Pedersen, B. K., & Pilegaard, H. (2009). Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. *Experimental Physiology*, 94(10), 1062–1069. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.048512>
- Romero-Vera, L., Ulloa-Díaz, D., Araya-Sierralta, S., Guede-Rojas, F., Andrades-Ramírez, O., Carvajal-Parodi, C., Muñoz-Bustos, G., Matamala-Aguilera, M., & Martínez-García, D. (2024). Effects of high-intensity interval training on blood pressure levels in hypertensive patients: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Life*, 14(12), 1661. <https://doi.org/10.3390/life14121661>
- Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S., & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1645–1666. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.06.012>
- Saucedo Marquez, C. M., Vanaudenaerde, B., Troosters, T., & Wenderoth, N. (2015). High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *Journal of Applied Physiology*, 119(12), 1363–1373. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00126.2015>
- Seifert, T., Brassard, P., Wissenberg, M., Rasmussen, P., Nordby, P., Stallknecht, B., Adser, H., Jakobsen, A. H., Pilegaard, H., Nielsen, H. B., & Secher, N. H. (2010). Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(2), R372–R377. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00525.2009>
- Soriano Sánchez, J. G., Jiménez Vázquez, D., & Sastre-Riba, S. (2023). Una revisión sistemática de la importancia del ejercicio físico sobre la autoeficacia y aprendizaje del estudiante (A systematic review of the importance of exercise on student self-efficacy and learning). *Retos*, 48, 911–918. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.97581>
- Slusher, A. L., Patterson, V. T., Schwartz, C. S., & Acevedo, E. O. (2018). Impact of high intensity interval exercise on executive function and brain derived neurotrophic factor in healthy college aged males. *Physiology & Behavior*, 191, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.04.018>
- Sian, T. S., Inns, T., Gates, A., Doleman, B., Gharahdaghi, N., Atherton, P. J., Lund, J. N., & Phillips, B. E. (2021). Short-term, equipment-free high intensity interval training elicits significant improvements in cardiorespiratory fitness irrespective of supervision in early adulthood. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 697518. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.697518>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626>

- Suwabe, K., Byun, K., Hyodo, K., Reagh, Z. M., Roberts, J. M., Matsushita, A., Saotome, K., Ochi, G., Fukuie, T., Suzuki, K., Sankai, Y., Yassa, M. A., & Soya, H. (2018). Rapid stimulation of human dentate gyrus function with acute mild exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(41), 10487–10492. <https://doi.org/10.1073/pnas.1805668115>
- Thompson, W. R. (2023). Worldwide survey of fitness trends for 2023. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 27(1), 9–18. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000834>
- Tsai, C.-L., Pan, C.-Y., Tseng, Y.-T., Chen, F.-C., Chang, Y.-C., & Wang, T.-C. (2021). Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous exercise on BDNF and irisin levels and neurocognitive performance in late middle-aged and older adults. *Behavioural Brain Research*, 413, 113472. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113472>
- Vaynman, S., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, 20(10), 2580–2590. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2004.03720.x>
- Vonk, J. M. J., Rizvi, B., Lao, P. J., Budge, M., Manly, J. J., Mayeux, R., & Brickman, A. M. (2019). Letter and category fluency performance correlates with distinct patterns of cortical thickness in older adults. *Cerebral Cortex*, 29(6), 2694–2700. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy138>
- Voss, M. W., Soto, C., Yoo, S., Sodoma, M., Vivar, C., & Van Praag, H. (2019). Exercise and hippocampal memory systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(4), 318–333. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.01.006>
- Walsh, J. J., Colino, F. L., Krigolson, O. E., Luehr, S., Gurd, B. J., & Tschakovsky, M. E. (2019). High-intensity interval exercise impairs neuroelectric indices of reinforcement-learning. *Physiology & Behavior*, 198, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.10.005>
- Walsh, J. J., Dunlap, C., Miranda, J., Thorp, D. B., Kimmerly, D. S., Tschakovsky, M. E., & Gurd, B. J. (2018). Brief, high-intensity interval exercise improves selective attention. *Journal of Exercise Science*, 11(5), 152–167. <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2203&context=ijs>
- Whelton, P. K., Carey, R. M., Aronow, W. S., Casey, D. E. Jr, Collins, K. J., Dennison Himmelfarb, C., DePalma, S. M., Gidding, S., Jamerson, K. A., Jones, D. W., MacLaughlin, E. J., Muntner, P., Ovbigele, B., Smith, S. C. Jr, Spencer, C. C., Stafford, R. S., Taler, S. J., Thomas, R. J., Williams, K. A. Sr, Williamson, J. D., & Wright, J. T. Jr. (2018). 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: Executive summary. *Hypertension*, 71(6), 1269–1324. <https://doi.org/10.1161/HYP.0000000000000066>
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO₂max improvements in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(8), 941–947. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.013>

- Won, J., Alfini, A. J., Weiss, L. R., Michelson, C. S., Callow, D. D., Ranadive, S. M., ... Smith, J. C. (2019). Semantic memory activation after acute exercise in healthy older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 25(6), 557–568.
- Zhang, X., Lv, L., Min, G., Wang, Q., Zhao, Y., & Li, Y. (2021). Overview of the Figure Test and its clinical application in neuropsychiatric disorders, copying and recall. *Frontiers in Neurology*, 12, 680474. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.680474> Complex including

13. Anexos

13.1 Carta responsiva



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

PROYECTO:

“CARACTERIZACION DEL ENTRENAMIENTO HIIT A MEDIANO PLAZO SOBRE LA
FUNCION COGNITIVA EN MASCULINOS JOVENES FISICAMENTE ACTIVOS .”

Responsable técnico: Dr. Alberto Jiménez Maldonado

Ascripción: Facultad de Deportes Campus Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California

Correo: jimenez.alberto86@uabc.edu.mx

Celular: 646 223 9571

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

El entrenamiento en intervalos, es un protocolo de intervención eficaz y eficiente para inducir adaptaciones metabólicas a nivel muscular (mejora de la captura de glucosa, aumento de la masa mitocondrial, etc.), además el entrenamiento en intervalos conduce a mejoras en la función cardiovascular, como son reducción de la presión arterial, mayor activación del sistema parasimpático, el mismo modelo de entrenamiento conduce a un aumento en la concentración de BDNF en la sangre periférica, esto último podría asociarse a mejoras en la función cognitiva, más sin embargo, al momento esto no ha sido demostrado. El objetivo del presente proyecto esta enfocado a identificar si un protocolo de entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) puede conducir a mejoras en el funcionamiento cerebral (cognición) en individuos físicamente activos.

Queda establecido que este consentimiento informado se encuentra bajo los lineamientos de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud, según el artículo 20, 21 y 22 de los Estados Unidos Mexicanos. Como también lo establecido por Declaración de Helsinki de principios básicos para las investigaciones médicas en seres humanos, adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, en junio de 1964.

PROCEDIMIENTOS

Todas las participantes visitarán el Laboratorio de Fisiología Aplicada al Ejercicio Físico donde se aplicarán un cuestionario para descartar un posible riesgo cardiovascular durante la realización de ejercicio físico (PAR-Q, por sus siglas en inglés), además se aplicará el cuestionario IPAQ (herramienta para determinar el nivel de actividad física de los individuos mayores a 18 años) en su versión corta. Se realizará también en todos los participantes mediciones antropométricas (talla) y determinación de composición corporal, esto último por el método de bioimpedancia eléctrica (BIA), este método no representa ningún riesgo a su persona, excepto si utiliza un marcapaso, en esta última situación, usted será excluido de aplicarle la prueba de composición corporal. Para la determinación de la composición corporal, los participantes tendrán que subir descalzos a la báscula. 24 horas posteriores al análisis de composición corporal, se determinará con una prueba de esfuerzo (carrera en banda sinfín) exhaustiva, y con incremento gradual de intensidad, la capacidad cardiorrespiratoria (VO2max). Durante la prueba de esfuerzo, se registrará la frecuencia cardíaca, al finalizar la prueba de esfuerzo, se les brindará a los individuos una bebida energética hidratante comercial. Finalmente, 24 hrs de finalizado la prueba de esfuerzo, se les solicitará a los participantes a asistir a unos espacios individuales (Cámaras de Gesell) con personal especializado para evaluar habilidades cognitivas. En esta etapa, la prueba de esfuerzo, y evaluación de habilidades cognitivas tiene una duración aproximada de 40 min.

72 hrs posteriores a las pruebas psicométricas, se iniciará con el programa de entrenamiento de 12 sesiones de entrenamiento HIIT (descripción del protocolo en base a la etapa del proyecto), las sesiones de entrenamiento se



realizarán los días lunes, miércoles y viernes dentro de los horarios de 10:00 a 15:00 hrs. La duración de las sesiones de entrenamiento tendrán una duración de entre 12 y 20 min. Al final de cada sesión de entrenamiento, se le proporcionará al participante una bebida energética comercial. Finalizado el programa de entrenamiento, se realizarán nuevamente las pruebas utilizadas al inicio del estudio.

POSIBLES RIESGOS Y MOLESTIAS

El entrenamiento de carrera basada en esfuerzos de alta intensidad, es una intervención que demanda alto esfuerzo físico, que implica sudoración, aumento de frecuencia cardíaca, y cambios en la frecuencia respiratoria. Asimismo, por la programación de las sesiones, el desarrollo del programa puede generar estrés psicológico a los participantes, al encomendarles una nueva tarea a desarrollar dentro de su vida diaria, por 1 mes. En referencia a la colecta de información privada, se recopilarán datos con respecto a si padecen alguna lesión muscular o de otra naturaleza (nerviosa, ósea, etc.). También se solicitará información acerca del uso de ayudas ergogénicas para el rendimiento deportivo, uso psicotrópicos o sustancias relacionadas. Esta información será colectada en un solo momento, ya que son considerados criterios de exclusión.

POSIBLES BENEFICIOS QUE RECIBIRÁ AL PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

El beneficio individual en los participantes, es que les entregará en 2 momentos (inicial y final), un análisis completo de la composición corporal, lo que les permitirá conocer la cantidad de masa muscular, masa grasa, area de grasa visceral, tasa metabólica basal, entre otras variables antropométricas de relevancia para el nivel de fitness y la salud. En el mismo, sentido a cada participantes se le entregarán sus resultados de VO_{2MAX} . Los datos relacionados con la capacidad cardiorrespiratoria pueden ser de utilidad para los participantes del estudio que practican algún deporte.

INFORMACIÓN SOBRE RESULTADOS

Si usted acepta participar voluntariamente en el estudio, se le brindarán los resultados de la investigación si así lo deseara.

Si usted tiene alguna duda, pregunta o comentario relacionado con el estudio, puede acudir con el responsable técnico del proyecto para cualquier aclaración. Además, si desea conocer el resultado del proyecto, igualmente se le brindará la información que requiera, quedando establecido que solo los resultados serán publicados en eventos académicos y científicos, reservándose la identidad de los participantes para conservar la confidencialidad del proyecto y para salvaguardar los intereses de los participantes.

PARTICIPACIÓN O RETIRO

Si usted desea participar voluntariamente en el estudio, se le brindará las mejores condiciones posibles, así como los resultados totales o parciales del estudio, si así lo requiere. Sus datos personales se manejarán con estricta confidencialidad y solo serán manejados por los investigadores, quedando estipulado que solo los resultados del estudio serán dados a conocer.

Por otra parte, si usted no desea participar en el estudio, es usted libre de no firmar la carta de consentimiento informado y no habrá ninguna consecuencia o reacción desfavorable.

PRIVACIDAD Y CONFIDENCIALIDAD

Si usted acepta o no participar en el estudio, sus datos serán manejados con estricta confidencialidad y solo serán tratados por el grupo de investigadores.



BENEFICIOS AL TÉRMINO DEL ESTUDIO

Si usted acepta firmar la carta de consentimiento informado, se le practicará un análisis de composición corporal, y capacidad cardiorrespiratoria (VO_{2MAX}), y un desglose e interpretación de los resultados psicométricos (rendimiento cognitivo) a obtener por parte de personal responsable de estas últimas variables. Los resultados de los estudios se le entregarán personalmente y serán gratuitos, por lo que no tendrá ningún costo alguno para usted.

ACLARACIONES

La decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria, por lo que no habrá ningún tipo de consecuencia desfavorable para usted si no acepta participar. Además, si acepta participar usted tiene la posibilidad de retirarse del estudio en el momento en que lo desee, informando las razones por las cuales desea no seguir en el estudio, y será respetada totalmente dicha decisión.

El estudio no tendrá ningún costo para usted, los estudios pertinentes serán totalmente gratuitos.

Durante el estudio usted podrá preguntar sobre los avances o resultados al investigador responsable; así mismo, la información que se genere será estrictamente confidencial y solo será manejada por el grupo de investigadores, salvo los resultados de toxicidad que serán publicados en una revista científica.

Habiendo leído todo lo anterior, si usted considera que no tiene preguntas o dudas respecto al estudio y su participación en él, puede si así lo desea, firmar la Carta de consentimiento informado anexa a este documento.



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ leí y comprendí la información anterior, accedo a participar en el programa de ejercicio físico, someterme a los análisis de composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria, y habilidades cognitivas. Mis preguntas se respondieron de manera satisfactoria. Además, se me informó y entendí que los resultados que se obtengan en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos y no lucrativos.

Acepto participar en el estudio y autorizo la toma de datos para este estudio y estudios futuros.

Firma del participante

Lugar y Fecha

Nombre y firma del testigo

Lugar y Fecha

Esta parte será llenada por el investigador o su representante.

Le explique al Sr (a) : _____ el propósito del proyecto, los riesgos y beneficios que implica su participación.

Se contestaron sus preguntas en la medida posible y pregunte si existía alguna duda para aclararla.

Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Nombre y firma del investigador

Lugar y fecha

13.2 Constancias

	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA Facultad de Deportes Ensenada Extienden la presente</p> <p>CONSTANCIA</p> <p>A: Manuel Arturo Celaya Romero</p> <p>Por su presentación titulada “Impacto del entrenamiento interválico basado en sprints sobre la aptitud cardiorrespiratoria en adultos jóvenes”, en el marco de mesas de trabajos libres del 8vo Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio: “Enfoque Multidisciplinario en la Fisiología del Ejercicio”. Ensenada, Baja California 4 al 6 de Diciembre de 2024.</p>
<p> Dr. Ivan Renteria Director de la Facultad de Deportes</p>	<p>“Por la realización plena del ser”</p> <p> Dr. Isaac Chavez Coordinador de Investigación y Posgrado</p> <p></p>



XLI SEMANA DE CIENCIAS



otorga el presente

RECONOCIMIENTO

a

Manuel Arturo Celaya Romero

José Juan González Sotelo

Estudiante(s): Alberto Blanco Salazar

Isaac Chávez Guevara

Rubén Reyes Avilés

Responsable(s): Alberto Jiménez Maldonado

Por haber participado en la **XLI Semana de Ciencias 2024**,
en el marco de la Expo Ciencia y Tecnología 2024, con el trabajo titulado:

"Entrenamiento HIIT y su impacto en la Cognición"

**Por su entusiasta participación en esta actividad de
difusión y divulgación de la ciencia**

Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares
Director de la Facultad de Ciencias

Dra. Priscilla Elizabeth Iglesias Vázquez
Subdirectora de la Facultad de Ciencias

Ensenada, Baja California, 18 de octubre de 2024

November 23rd, 2024.



Recognition for Speaker:

Manuel Arturo Celaya Romero

In recognition of the outstanding contribution as a speaker at the Exercise Physiology Seminar whit the Conference:

Impact of short-term interval training versus aerobic exercise on cognitive skills in young-adults. A pilot study.

We commend their exceptional expertise, engaging presentation, and the valuable insights shared with our attendees.

Thank you for your inspiring and impactful contribution.

Paul Polechla Jr., Ph.D.

Biology Instructor, P.T.

Southwestern Indian Polytechnic Institute 9169 Coors Blvd NW, Albuquerque, NM 87120 <https://www.sipi.edu/>

Department of Exercise
& Sport Sciences



NEW MEXICO
HIGHLANDS
UNIVERSITY®

Certificate of Achievement

This is to certify that

Manuel Arturo Celaya Romero

Has demonstrated outstanding leadership, dedication, and exceptional skill as a speaker of the topic:

Impact of short-term interval training versus aerobic exercise on cognitive skills in young-adults. A pilot study.

During the Exercise Science Seminar on the Department of Exercise and Sports Sciences, New Mexico Highlands University NMHU. Their engaging presentation and valuable insights have made a significant contribution to the success of the event.

Awarded this 21st of November 21st, 2024

Dr. Javier Arturo Hall Lopez

Assistant Professor of Exercise Science

Department of Exercise and Sports Sciences, New Mexico Highlands University NMHU

Banner ID: 00316459

javier@nmhu.edu Cell: 760-829-6237

Building Address: Room 230, John A. Wilson Physical Complex, 1216 9th St, Las Vegas, NM 87701

<https://www.nmhu.edu/exercise-and-sport-sciences/>