



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE DEPORTES
CAMPUS ENSENADA**

**“EFECTO DE UN ENTRENAMIENTO SIT SOBRE
COMPOSICIÓN CORPORAL Y VARIABLES CARDIO-
RESPIRATORIAS EN ADULTOS JÓVENES”**

**Tesis para Obtener el Grado de Licenciatura en Actividad
Física y Deportes**

PRESENTA:

C. Fernanda Franco Redona

DIRECTOR: Dr. Alberto Jiménez Maldonado

CO-DIRECTOR: M.C. Iván Rentería

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

**“EFECTO DE UN ENTRENAMIENTO SIT SOBRE
COMPOSICIÓN CORPORAL Y VARIABLES CARDIO-
RESPIRATORIAS EN ADULTOS JÓVENES”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

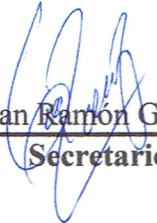
C. FERNANDA FRANCO REDONA

COMITÉ DE GRADO



M.C. PATRICIA CONCEPCIÓN GARCÍA SUÁREZ

Presidente



MEFyDE. Juan Ramón Gallegos Ramírez

Secretario



MAPE. Ermilo Canton Martínez

Vocal

Junio 2019

Copyright©2019
Fernanda Franco Redona
Derechos Reservados

ABREVIATURAS POR ORDEN DE APARICIÓN EN EL TEXTO

AF: Actividad Física

EF: Ejercicio Físico

RA: Resistencia Aeróbica

VO₂MAX: Consumo Máximo De Oxígeno

FC: Frecuencia Cardiaca

FCmax: Frecuencia Cardiaca Máxima

1RM: Una Repetición Máxima

ppm: Pulsaciones por minuto

HIIT: High Intensity Interval Training

AMRAP: *As Many Rounds/Reps As Possible*

SIT: *Sprint Interval Training*

COX: Enzima Citocromo C-Oxidasa

PAR-Q: *Physical Activity Readiness Questionnaire*

IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física

kg: kilogramos

PGEM: Prueba Gradual de Esfuerzo Máximo

METS: Unidad de Medida de Índice Metabólico

IMC: Índice de Masa Corporal

PA: Presión Arterial

TIR: Tasa de Intercambio Respiratorio

VAP: Velocidad Aeróbica Pico

FC Basal: Frecuencia Cardiaca Basal

kcal: Kilocalorías

DP: Doble Producto

PAS: Presión Arterial Sistólica

mmHg: Milímetros de Mercurio

FC esfuerzo: Frecuencia Cardíaca de Esfuerzo

VO_{2PICO}: Consumo de Oxígeno Pico

GC: Grasa Corporal

Da- $\dot{V}O_2$: Diferencia Arterio-Venosa de Oxígeno

SNA: Sistema Nervioso Autónomo

SNP: Sistema Nervioso Parasimpático

SNS: Sistema Nervioso Simpático

VFC: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

PPA: Promedio de la Presión Arterial

MVO₂: Consumo de Oxígeno del Miocárdico

CVD: Riesgo de Enfermedades Cardiovasculares

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

A ustedes por siempre inculcarme que podía lograr todo lo que me proponga, que no existen barreras grandes si uno sabe escalar, a tener alas para volar y raíces a donde regresar, mi amor y eterno agradecimiento, dedicado a ustedes, papá y mamá.

A MIS HERMANOS

Dany y Richy, pueden lograr todo lo que se propongan, yo siempre estaré para apoyarlos, propónganse metas tan altas para que aprendan a volar, no teman fracasar, ya que sin duda vale la pena intentarlo hasta que lo logren, siempre unidos.

JULIO REDONA

Sin lugar a dudas me has demostrado todo tu amor, apoyo y respeto a lo largo de estos años juntos, y hemos trabajado juntos para que esto sea duradero, sé que lograremos grandes cosas juntos, gracias por estar en cada paso desde el 2014. Todo mi amor y agradecimiento, por tanto.

AGRADECIMIENTOS

A MI DIRECTOR: En primera instancia, he de reconocer mi total admiración y agradecimiento al Dr. Alberto Jiménez, quien sin duda fue un pilar para la elaboración del presente producto. Agradezco infinitamente todo el tiempo y empeño dedicado, la paciencia que sin duda tuvo en cada sesión de trabajo y en cada enseñanza dada. Confío en un futuro seguir colaborando en más trabajos, ya que sin duda, es una persona que muestra toda la disposición de enseñar, preparar y dar herramientas a los alumnos que así lo deseen. Es sin duda un maestro admirable más allá del aula de clases o del laboratorio, es un ejemplo de perseverancia y trabajo.

A MI CO-DIRECTOR: Al M.C. Iván Rentería, quien sin duda fue el otro pilar fundamental para la elaboración de este trabajo. Fue quien abrió un sendero de inquietudes hacia la línea de investigación, que sin duda, de no ser por aquella invitación a participar en el Verano de Investigación Delfín, no hubiese despertado interés por el área de investigación. Gracias por verse involucrado en cada proyecto, por las múltiples invitaciones académicas y mostrar interés por mi formación profesional.

A MIS SINODALES: M.C. Patricia García, Mtro. Ermilo Cantón y Mtro. Juan Gallegos por tener el tiempo y dedicación para evaluar y enriquecer este trabajo. Como estudiante valoré el apoyo y ánimos brindados para la realización del proyecto, como egresada, agradezco todas las sugerencias y correcciones, lo cual sin duda, es una manera de crecer y desarrollarse.

A MI FACULTAD: Que sin duda apoya día con día a la profesionalización de la población, y bien lo demostró conmigo, gracias por brindar las herramientas para ayudarnos a construir una base sólida en nuestra formación, gracias por buscar día con día la actualización para ofertarnos una educación de vanguardia. Agradezco infinitamente a mi facultad por ofertarnos educación y formación dentro y fuera del aula.

A LOS PARTICIPANTES: Que mostraron la disposición de atender el protocolo y someterse a los lineamientos que se les solicitaba, gracias por atender a los llamados y apoyar en cada momento a lo largo del estudio.

A MIS MAESTROS: Gracias Mtro. Carlos Verdugo, que sin duda me apoyó, y hasta nadó contra corriente con tal de apoyarme, agradezco cada consejo y cada sermón, por lo cual hoy en día lo considero un amigo. Gracias Dr. Isidro González, quien desde primer semestre mostró interés por apoyarme académica y personalmente, definitivamente fue alguien de gran ayuda a lo largo de mis años universitarios. LAFD. Luis Sevilla, M.C. Juan Pablo Machado, M.E. Ernesto

González, Mtro. Luis Ramírez, M.E. Esteban Hernández, Prof. Cesar Sida, por mencionar algunos, agradezco el tiempo y pasión con la que se desempeñaron para brindarnos una educación de calidad, tanto teórica como práctica.

A MIS ABUELOS: Guillermo Franco y Jesús Redona, ambos ejemplos de esfuerzo y perseverancia, desde siempre me han enseñado a través de su ejemplo, que no existen impedimentos sociales o físicos para lograr superarse día con día, gracias por sus enseñanzas de vida.

A MIS ABUELAS: Milly y Coyito, gracias a esas abuelas amorosas y compasivas, y con una templanza admirable, quienes sin duda, han sido un eslabón clave en mi formación como persona, gracias por siempre estar para escucharme y demostrarme cariño desde que era pequeña.

A MIS TÍOS GIL CASTILLEJO: Dr. Gil y tía Adriana, no me alcanzan las palabras para expresar todo el agradecimiento que siento por el apoyo recibido durante mi estancia académica. Gracias por darme cobijo en una ciudad extraña, gracias por preocuparse diario por mi bienestar, gracias por escucharme y darme consejo día a día. Sin dudas son seres cálidos y una bondad excepcional, todo mi cariño y agradecimiento para ustedes.

A GUÍAS DE MÉXICO: Asociación formativa, trabajando incansablemente por el bienestar social, sin duda, formar parte fue una de las más grandes experiencias de mi vida. A lo largo de los años forjó mi carácter y sembró leyes y normas morales que rigen mi vida, ayudar al prójimo, servir, dejar el mundo mejor de lo que lo encontramos, sonreír ante las adversidades con entereza y optimismo, entre otras. Hasta el día de hoy yo prometo por mi honor, hacer cuanto de mí dependa: Para cumplir mi deber hacia Dios y mi Patria, ayudar al prójimo y vivir la ley Guía.

APORTACIONES

Los resultados del presente proyecto fueron publicados y/o presentados de manera parcial en los siguientes eventos académicos:

- 2do Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio celebrado en la ciudad de Tijuana Baja California, los días 30 y 31 de agosto de 2018. “¿La ecuación de Leger es adecuada para determinar indirectamente el Consumo de Oxígeno en la prueba de Course Navette en población mexicana? Estudio preliminar”. Publicado en la Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. ISSN: 2255-0461.
- 2do Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio celebrado en la ciudad de Tijuana Baja California, los días 30 y 31 de agosto de 2018. “Impacto de prueba de campo Course Navette sobre niveles séricos de lactato deshidrogenasa en sujetos físicamente activos” Publicado en la Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. ISSN: 2255-0461.

Así mismo, los resultados del presente trabajo generaron la redacción de un artículo científico que está bajo la revisión en la Journal Frontiers in Physiology el cual lleva el nombre “Run Sprint Interval Training Improves Hemodynamic Variables but does not affect Aerobic Capacity and Body Composition in Healthy Males”. ID: 459472.

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS POR ORDEN DE APARICIÓN EN EL TEXTO	1
DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
APORTACIONES	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Ejercicio físico y sus efectos sobre la salud	11
1.2 Ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT)	14
II. ANTECEDENTES	17
2.1 Impacto del SIT sobre adaptaciones cardiopulmonares.	17
2.2 Impacto del SIT sobre adaptaciones metabólicas	17
2.3 Impacto del SIT sobre composición corporal	18
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	20
V. HIPÓTESIS	21
VI. OBJETIVO GENERAL	22
VII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VIII. METODOLOGÍA	23
8.1 Diseño experimental	23
8.2 Participantes	24
8.3 Prueba Gradual de Esfuerzo Máximo	24
8.4 Determinación de Composición Corporal	27
8.5 Entrenamiento de Sprint por Intervalos -SIT-	27
8.6 Determinación de la Intensidad de Ejercicio y Doble Producto en Estado Basal	28
8.7 Análisis Estadístico	29
IX. RESULTADOS	29
9.1 Rendimiento físico y demanda energética durante el entrenamiento de SIT	29
9.2 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre la composición corporal	31
9.3 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre parámetros cardiovasculares	34
9.4 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre el VO_{2max}	36
X. DISCUSIÓN	38
XII. PERSPECTIVAS	43
XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
XIII. ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

Figura 1 Determinación de consumo de oxígeno en estado basal	26
Figura 2 Determinación de consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}).....	26
Figura 3 Determinación de composición corporal por el método de biimpedancia eléctrica.....	27
Figura 4 Realización de entrenamiento de sprint por intervalos (SIT) en banda ergométrica....	28
Gráfica 1 Distancia recorrida durante las sesiones de SIT	29
Gráfica 2 Kilocalorías gastadas durante las sesiones de SIT	30
Gráfica 3 Intensidad del ejercicio alcanzada durante las sesiones de SIT	31
Gráfica 4 Peso corporal durante el entrenamiento de SIT	32
Gráfica 5 Índice de Masa Corporal durante el entrenamiento de SIT	32
Gráfica 6 Masa Muscular Esquelética Total durante el entrenamiento de SIT	33
Gráfica 7 Porcentaje de Masa Grasa durante el entrenamiento de SIT	33
Gráfica 8 Frecuencia Cardíaca Basal durante el entrenamiento de SIT	34
Gráfica 9 Presión Arterial Sistólica previa al entrenamiento de SIT	35
Gráfica 10 Doble Producto Basal previo al entrenamiento de SIT	35
Gráfica 11 Frecuencia Cardíaca de Esfuerzo durante el entrenamiento de SIT	36
Gráfica 12 Consumo Máximo de Oxígeno durante la PGEM.....	37
Tabla 1 Datos antropométricos y cardiovasculares en estado basal previo a la PGEM.....	37

RESUMEN

El entrenamiento de sprint por intervalos (SIT, por sus siglas en inglés) se caracteriza por periodos de esfuerzo máximo y/o supramáximo, intercalados por periodos de recuperación activa o pasiva. El presente trabajo se enfocó a determinar el impacto de 12 sesiones SIT sobre la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}) en adultos jóvenes. Se reclutaron 9 varones aparentemente sanos y físicamente activos (22 ± 2.0 años; 66.6 ± 8.1 kg) en el estudio. Se determinó el VO_{2MAX} y la velocidad aeróbica pico (VAP) mediante una prueba gradual de esfuerzo máximo (PGEM) en una banda ergométrica. Para determinar el VO_{2MAX} se utilizó el analizador de gases Quark PFT (Cosmed). Durante las sesiones de entrenamiento, los participantes realizaron sprints correspondientes al 100% de la VAP con carrera de recuperación a 40% de la VAP. La composición corporal fue determinada por impedancia bioeléctrica (InBody770) previo al inicio cada PGEM y sesión de entrenamiento. La presión arterial sistólica (PAS), la frecuencia cardíaca y el doble producto (DP) en estado basal fueron evaluados durante todo el entrenamiento. Veinticuatro horas de haber finalizado el protocolo de SIT, se realizó nuevamente la PGEM. El programa de SIT no modificó significativamente la composición corporal. En el mismo sentido, 12 sesiones de SIT no impactaron significativamente en el VO_{2MAX} (PRE-SIT: 51.6 ± 4.3 ml/kg•min vs POST-SIT: 51.4 ± 5.7 ml/kg•min ($p=1.0$)). El DP y la frecuencia cardíaca basal fueron más bajos estadísticamente respecto a PRE-SIT ($p<0.01$). El presente trabajo muestra que 12 sesiones de SIT no es un estímulo suficiente para modificar la composición corporal y el VO_{2MAX} en adultos jóvenes. Sin embargo, el mismo protocolo si induce adaptaciones cardiovasculares en reposo en la misma población.

ABSTRACT

Sprint Run Interval Training (SIT) is characterized by short bursts of running at maximal or supra-maximal speed, interspersed by active or passive recovery periods. The aim of the present study was to determine the impact of 12 SIT sessions on body composition and maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) in young adults. Nine physically active and apparently healthy subjects were recruited (22 ± 2.0 years; 66.6 ± 8.1 kg) in the study. To assess the $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ and the peak aerobic velocity, a maximal graded exercise test was performed on a treadmill. To determine the $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ a metabolic cart Quark PFT (Cosmed) was employed. In each training session, the participants completed sprints at 100% of their peak aerobic velocity, with active recovery periods at 40% of their PAV. Body composition of each participant was assessed via bioelectrical impedance prior to each maximal graded exercise test and training session with a body composition analyzer (InBody 770). Systolic blood pressure, heart rate and double product at baseline were measured during the entire program. Twenty-four hours of completion of the SIT protocol, a maximal graded exercise test was performed. The SIT protocol did not significantly change the body composition. In the same sense, 12 sessions of SIT did not significantly affect the $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ (PRE-SIT: 51.6 ± 4.3 ml/kg•min vs. POST-SIT: 51.4 ± 5.7 ml/kg•min ($p=1.0$)). The double product and resting heart rate were statistically lower after SIT ($p<0.01$). The present study showed that 12 sessions of SIT were not enough stimuli to modify the body composition and $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ in young adults. However, the same protocol induced cardiovascular adaptations at rest in the same population.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Ejercicio físico y sus efectos sobre la salud

En el año 2010 la Organización Mundial de la Salud (OMS) señaló que el término actividad física (AF) no se debe de confundir con ejercicio físico (EF). El EF, es una subcategoría de la AF, el cual se planea, es estructurado y repetitivo para la mejora y/o mantenimiento de uno o más componentes del fitness y/o condición física como son la fuerza, resistencia aeróbica (RA), la flexibilidad y la velocidad (Bernal-Reyes, Peralta-Mendívil, Gavotto-Nogales, & Placencia-Camacho, 2015). De acuerdo a lo anterior, es necesario seguir distintas directrices en relación a lo que se desee desarrollar.

Con respecto a la RA, se recomienda realizar entrenamientos continuos o intermitentes. Según sean los objetivos, el entrenamiento continuo puede ser extensivo/intensivo o sistemático/no sistemático, mientras que el entrenamiento intermitente puede ser por repeticiones, interválico o de competición. En todos los métodos se trabaja con base en el tiempo de esfuerzo e intensidad de trabajo (Pallarés & Morán-Navarro, 2012). Los métodos continuos tienen la finalidad de desarrollar la capacidad aeróbica, por lo que deben ser realizados durante 30 minutos como mínimo (Garber et al., 2011). En relación a los métodos intermitentes, estos exigen un mayor control de las variables relacionadas con la intensidad del entrenamiento y la modalidad de ejercicio que se desarrolle, exigen pausas frecuentes, se deben realizar en zonas medibles, son sumamente sistemáticos y en la mayoría de los casos debe predominar la alta intensidad sobre el volumen para obtener un mejor resultado a nivel metabólico (Bompa, 2007). De igual manera Saz Peiró et al., 2011, señalan realizar EF de acuerdo a las necesidades y requerimientos del sujeto. Aunque independiente de la población, un programa de EF enfocado a mejorar la capacidad aerobia debe presentar las siguientes características: consumir al menos 1,000 kcal, con una frecuencia de entrenamiento de 5 veces por semana. Mientras, en relación a la intensidad, es necesario alcanzar del 50-70% del consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}), o bien, alcanzar del 60-70% de la Frecuencia Cardiaca Máxima (FCmax) (Gaber et al., 2011; Peiró, José, Galve, Lucas, & Tejero, 2011). En cuanto a personas sedentarias, sujetos con riesgos cardiovasculares, individuos diabéticos o con síndrome metabólico, es necesario adecuar la intensidad del ejercicio ($< 50\% VO_{2MAX}$ o $< 60\% FCmax$) considerando el nivel de AF (Saz Peiró, 2011).

La fuerza es definida por Bompa (2005) como la capacidad de aplicar tensión contra una resistencia y está expresada en libras o kilogramos, a su vez el mismo autor explica que es necesario conocer la máxima carga que se puede levantar en una repetición máxima (1RM) para que a partir de ahí, realizar un desglose del porcentaje de la carga y desarrollar un plan de trabajo enfocado a la fuerza. La metodología de trabajo mayormente utilizada para el trabajo de la fuerza consiste en seccionar la intensidad de porcentaje de fuerza máxima a utilizar (1RM) en una escala, definida como leve, media, submáxima y máxima, los cuales deben ser del 30-50%, 50-70%, 70-80%, del 80-90% y de 90-100% de acuerdo a la intensidad, y maneja 130, 140, 150, 165 y 180 pulsaciones por minuto (ppm) en aproximación respectivamente. De igual manera Bompa en el año 2005, indicó directrices para el desarrollo del trabajo de fuerza en función al resultado que se quiera lograr (Forteza de la Rosa, 1999), en concreto:

- Para una carga del 100%, realizar solamente 1 repetición.
- Si la carga es del 95%, se podrán realizar de 2 a 3 repeticiones.
- Al 90% se pueden realizar de 3 a 4 repeticiones.
- Con 85%, de 5 a 6 repeticiones.
- En 80% son de 8 a 10 repeticiones.
- Al 75% podrán ser 12 repeticiones.
- Con 70% se trabajará de 12 a 15 repeticiones.
- Con una carga por debajo de 70 a 60% se podrán realizar mayor número de repeticiones con facilidad, las cuales serán de 19 a 20 repeticiones.
- Mientras que con una carga de 50% o menor, se podrán realizar 25 o más repeticiones sin problema.

Otra de las capacidades físicas condicionales que comúnmente se trabaja en el EF es la velocidad. La cuál, se define como la capacidad de efectuar acciones motoras en un tiempo mínimo, determinado por la movilidad de los procesos en el sistema neuromuscular y la capacidad de la musculatura para desarrollar fuerza Frey, (1977). Dentro de la velocidad, se trabaja específicamente la velocidad motora manifestándose de forma cíclica o acíclica (Weineck et al., 2005). La velocidad es considerada una capacidad física determinada en gran medida por factores genéticos y es menos entrenable en comparación con la fuerza o resistencia (Weineck et al., 2005).

Desde el punto de vista metabólico, la velocidad depende en gran medida del sistema de fosfocreatina para restauración energética (ATP) (Weineck *et al.*, 2005).

Aunado a la mejora de la condición física, el EF ha sido empleado para mejorar y/o fortalecer la función cardiovascular, cardiorrespiratoria (VO_{2MAX}) (Norfolk *et al.*, 2008; Ramírez Lechuga *et al.*, 2012), modificar la composición corporal (Ha & So, 2012; Silva, Petroski, & Pelegrini, 2014) y mejorar la condición metabólica (Dengel *et al.*, 1998; Patiño Villada *et al.*, 2013).

En detalle, el estudio de Ramírez-Lechuga & *et al.* (2012) observaron que un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad en adolescentes con duración de 8 semanas, incrementó significativamente el VO_{2MAX} . Esta variable valorada indirectamente con la duración de las etapas del 20m Short Race Test (Course Navette). De igual forma Norfolk y *et al.* (2008) reportaron una mejora significativa en los valores relativos de VO_{2MAX} . Por otra parte, en el estudio de Gormley & *et al.* (2008) se aplicó un protocolo de entrenamiento aeróbico en una población de 55 jóvenes, distribuidos en 4 grupos (50% de la reserva del VO_{2MAX} , 75% de la reserva de VO_{2MAX} (vigoroso), 95% de la reserva de VO_{2MAX} (alta intensidad) y un grupo control). El protocolo de entrenamiento fue realizado en cicloergómetro con una duración de 6 semanas. Dicho protocolo reportó un incremento del VO_{2MAX} de 7.2 mL/kg•min en el grupo de 95%, 4.8 mL/kg•min, en el grupo de 75% y 3.4 mL/kg•min en el grupo de 50%. Los autores indicaron que la intensidad del ejercicio, juega un papel preponderante para la mejora del VO_{2MAX} en jóvenes adultos saludables (Gormley *et al.*, 2008).

El estudio de Santos Silva & *et al.* (2014), valoró el efecto de un programa de entrenamiento aeróbico sobre la composición corporal en jóvenes adolescentes con sobrepeso. Los autores reportaron que un programa de EF con duración de 12 semanas divididas en 3 sesiones por semana con 30-40 min de duración, redujo los valores del pliegue del tríceps, el porcentaje de masa grasa y aumentó la cantidad de masa libre de grasa. Además de mejorar el perfil lipídico. Por otro lado, Chang-Ho *et al.* (2012) realizaron un estudio enfocado en evaluar la composición corporal y factores del síndrome metabólico a partir de un entrenamiento de ejercicio mixto (concurrente) (36 sesiones de 80 minutos por sesión, 10 min de calentamiento, 30 min de ejercicio aeróbico, 30 min de resistencia a la fuerza y 10 min de recuperación) con una frecuencia de 3 veces por semana, durante 12 semanas) en adultas jóvenes con obesidad. Los autores reportaron, una disminución del porcentaje de grasa corporal ($P=0.006$), la circunferencia

de cintura (<0.001), además de reducir la presión arterial sistólica ($P=0.010$) y la presión arterial diastólica ($P=0.007$) posterior a la intervención (Chang-Ho et al., 2012).

Por otra parte, Dengel et al. (1998) evaluaron el impacto de un programa de EF aeróbico sobre la pérdida de peso, presión sanguínea y la tolerancia oral de glucosa en hombres mayores. La intervención se realizó 3 veces por semana durante 9 meses, cada sesión constaba de 3 periodos de 5 a 10 min de caminar, trotar y bicicleta estacionaria al 50-60% de su FC de reserva (calculada con la fórmula de Karvonen) y la intensidad de entrenamiento aumentó de un 5 a 10% cada mes, mientras que se realizaba un monitoreo del VO_{2MAX} cada 3 meses. El estudio reportó una disminución significativa en los niveles de glucosa e insulina sanguínea en ayuno, así mismo, la presión arterial sistólica fue significativamente menor posterior al tratamiento ($p=0.02$).

Además de los efectos previamente mencionados, también se ha reportado el impacto significativo del EF sobre variables psicológicas. En aspectos psicológicos también existen beneficios, (Correa-Rodríguez et al., 2017) indicaron que las personas que realizan regularmente EF se perciben más saludables, con menor estrés y reportaron un mejor estado de ánimo respecto a las que no realizan ningún tipo de ejercicio físico.

1.2 Ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT)

El ejercicio de tipo aeróbico brinda mayores beneficios para la salud (Boutcher, 2011). Lo anterior, se logra mediante directrices como lo son: ejercicios dinámicos (correr, caminar, ciclismo) con una intensidad del 60-80% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) con una duración de 30 a 60 minutos por sesión de 3 a 5 días a la semana (Saz Peiró et al., 2011). Sin embargo, actualmente la población en general manifiesta no tener el tiempo suficiente para practicar EF con base en las recomendaciones antes indicada (INEGI, 2018) Respecto a esta situación, se han propuesto otras modalidades de EF de corta duración para solucionar la escasez de tiempo disponible para realizar EF.

En ese sentido, el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (High Intensity Interval Training, HIIT por sus siglas en inglés) parece ganar aceptación para su práctica. El HIIT, es definido como un ejercicio físico breve con periodos intermitentes de actividad vigorosa (80-90% de la FC máxima teórica), combinado con periodos de descanso de ejercicio de baja intensidad (40-60% de la FC máxima teórica) (Gibala, Little, Macdonald, & Hawley, 2012). El

HIIT se considera como un método con mayores ventajas para contrarrestar enfermedades (Tschentscher et *al.*, 2016). Las adaptaciones fisiológicas del organismo inducidas por HIIT están determinadas por el diseño del entrenamiento, es decir duración, intensidad, índices de trabajo:descanso, amplitud de los intervalos, etc. (Bernal-Reyes et *al.*, 2015).

Así mismo, se ha reportado que este tipo de entrenamiento mejora la respiración celular en el músculo esquelético (Robinson et *al.*, 2017). En detalle, Robinson & et *al.* (2017) reportaron una mayor sensibilidad a la insulina y un aumento de la masa magra, en los grupos que realizaron HIIT y entrenamiento combinado de HIIT y entrenamiento de resistencia. Además, ambos grupos presentaron una mejora de la capacidad aeróbica y la respiración celular en el músculo. Por otro lado Soto & et *al.* (2016), demostraron que una sola sesión de HIIT modifica variables hematológicas. Dicho estudio, consistió en realizar un circuito de tipo AMRAP (As Many Rounds/Reps As Possible) característico del entrenamiento tipo Crossfit. La sesión de HIIT aumentó significativamente las hemáticas (% Δ : -1.35; ES: 0,222), concentración de hemoglobina (% Δ : -1,18; ES: 0,263) y el porcentaje de hematocrito (% Δ : -1,72; ES: 0,448) en 9 sujetos físicamente activos.

Por otra parte, además del modelo de HIIT antes descrito, existe otra modalidad de ejercicio interválico que presenta características particulares que lo diferencian del HIIT. Dicha modalidad de EF es conocida como entrenamiento interválico en sprint (Sprint Interval Training, SIT por sus siglas en inglés). El SIT se caracteriza por realizar ejercicios de alta intensidad supramáximos conocidos como “all-out” (Buchheit & Laursen, 2013). Los intervalos all-out consisten en tener una menor duración con respecto al HIIT debido a la mayor demanda física para mantener dicho estadio (Wiewelhove et *al.*, 2016). El SIT es un régimen de entrenamiento interválico, diversos estudios de autores prominentes en este campo como Gibala et *al.* (2006) y Burgomaster et *al.* (Kirsten A. Burgomaster, Heigenhauser, & Gibala, 2006) han sugerido que los intervalos de muy alta intensidad de corta duración (≤ 30 s) y periodos de recuperación relativamente muy largos entre los intervalos (~ 4 min) pueden inducir el incremento en la potencia aeróbica y la función metabólica de manera similar a entrenamientos tradicionales en una menor cantidad de tiempo que los anteriormente mencionados (Sloth, Sloth, Overgaard, & Dalgas, 2013). Por lo que el SIT podría representar una eficacia de tiempo enfocado a la mejora del rendimiento aeróbico y la función metabólica.

II. ANTECEDENTES

El entrenamiento de tipo SIT se encuentra en una creciente popularidad, su mayor impacto radica en incrementar el consumo de Oxígeno de los sujetos que lo practican (Gist, Fedewa, Dishman, & Cureton, 2014). En detalle, el SIT tiene un aumento del 8% del $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ en comparación con grupos controles que no realizaron ejercicio. Lo cual indica una semejanza al resultado que se obtiene sobre el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ en un entrenamiento de moderada intensidad con el método continuo, destacando el mismo efecto en una menor cantidad de tiempo (Gist et *al.*, 2014).

2.1 Impacto del SIT sobre adaptaciones cardiopulmonares.

El EF se ha caracterizado por la inducción de adaptaciones fisiológicas centrales y periféricas (Holloszy et *al.*, 1984). MacPherson et *al.* (2011) reportaron que un protocolo de SIT de 18 sesiones aplicado durante 6 semanas mejoró el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ en un 11.5% con respecto al pre-entrenamiento en jóvenes adultos. Lo anterior, indica que este aumento en el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ fue consecuencia de adaptaciones periféricas (aumento en la densidad de capilares, y aumento en la capacidad oxidativa del músculo) más que centrales (aumento en el volumen de eyección y aumento de la frecuencia cardíaca) (MacPherson et *al.*, 2011). Por otro lado Astorino y et *al.* (2012) reportaron que un programa de SIT de 6 sesiones basado en Wingate reduce significativamente la presión arterial sistólica y diastólica en adultos jóvenes.

2.2 Impacto del SIT sobre adaptaciones metabólicas

Respecto al impacto del SIT sobre variables metabólicas. Burgomaster & et al. (2005) reportaron que un programa de entrenamiento SIT de 6 sesiones con duración de 2 semanas mejoró la capacidad oxidativa del músculo esquelético determinada por el nivel de actividad catalítica de la enzima citrato sintasa. Adicionalmente, este programa incrementó los niveles de glucógeno muscular en jóvenes adultos físicamente activos. Asimismo, el protocolo SIT indujo una mayor actividad de la enzima citocromo c-oxidasa (COX) y del contenido proteico de las subunidades II y IV de la COX en el músculo-esquelético (Burgomaster et *al.*, 2005).

2.3 Impacto del SIT sobre composición corporal

Michalik et al. (2018) realizaron una intervención de 8 semanas, en el estudio la muestra fue dividida en 2 grupos: 1 grupo de SIT (intervalos de alta intensidad de 4 a 8 minutos de duración) y otro grupo realizó entrenamiento de resistencia aeróbica con método continuo con una acumulación de volumen de entrenamiento de 40-50 km por semana. El estudio presentó varias limitaciones metodológicas debido al método utilizado para valorar el porcentaje de grasa corporal (Futrex). Aclarada esta situación, el estudio reportó que el SIT no modificó la grasa corporal, pero si disminuyó significativamente la circunferencia de cintura ($p < 0,05$) y mostro un aumento en la circunferencia de pecho y muslo (ambos con $p < 0,001$). Por otra parte, Khammassi & et al (2018) aplicaron un protocolo de 12 semanas a jóvenes sanos con obesidad o sobrepeso. El protocolo consistio en 36 sesiones de intervalos de alta intensidad (100% - 50% del VAM durante 30 segundos modalidad 1:1). El estudio reportó una reducción significativa del porcentaje de grasa ($P < 0.05$) post intervención. En el mismo sentido Ouerghi & et al (2017) realizaron un protocolo similar al de Khammassi & et al. (2018) durante 8 semanas (100% - 50% del VAM durante 30 segundos modalidad 1:1), en dos grupos de jóvenes, un grupo de jóvenes con obesidad y un grupo control con normopeso. Ouerghi y su grupo reportaron una reducción significativa de la masa corporal, IMC y porcentaje de grasa corporal ($P < 0.05$). Mientras que el grupo de sujetos con peso normal no presentaron cambios por efectos de la intervención.

III. JUSTIFICACIÓN

La falta de tiempo para realizar ejercicio físico de forma regular es uno de los principales impedimentos reportados por la mayoría de la población mexicana para llevar un estilo de vida activo relacionado con un estado de salud favorable (INEGI, 2018). En ese sentido, estudios científicos han demostrado que el entrenamiento de alta intensidad en modalidad de intervalos (HIIT o SIT) es una herramienta efectiva para inducir cambios cardiovasculares y de composición corporal asociados a un estado saludable en poblaciones de adulto joven (Tschentscher et *al.*, 2016). Una de las principales ventajas que han sido reportadas por los sujetos de estudio sobre el SIT es que el volumen de entrenamiento es considerablemente menor con respecto a un programa de entrenamiento convencional de tipo aerobio (Camacho, 2004). Asimismo, aunque el SIT es un protocolo de alta intensidad, el grado de disfrute y aceptación por esta modalidad de ejercicio es mayor con respecto al entrenamiento de método continuo (Martínez et *al.*, 2015). No obstante, los trabajos antes indicados, han sido desarrollados en poblaciones de un origen étnico diferente al de la población latina y aún más al de la población mexicana. Por lo anterior, se considera necesario realizar trabajos de investigación científica enfocados a caracterizar las respuestas cardiovasculares y de composición corporal inducidas por el SIT en adultos jóvenes sanos de población latina. El presente trabajo de tesis está enfocado a estudiar las respuestas cardiovasculares y antropométricas inducidas por un programa de SIT de corta duración en adultos jóvenes sanos.

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Un protocolo de entrenamiento SIT- de corta duración será un estímulo suficiente para modificar la composición corporal y el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ en adultos jóvenes físicamente activos?

V. HIPÓTESIS

Hi: Un entrenamiento SIT de corta duración modificará la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno en adultos jóvenes físicamente activos.

Ho: Un entrenamiento SIT de corta duración no modificará la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno en adultos jóvenes físicamente activos.

VI. OBJETIVO GENERAL

Determinar el impacto de un protocolo de entrenamiento en sprint por intervalos (SIT) de corta duración sobre la composición corporal, el VO_{2MAX} y variables cardiovasculares en una población de adultos jóvenes físicamente activos.

VII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el impacto de 12 sesiones de SIT sobre el consumo máximo de oxígeno en adultos jóvenes físicamente activos.
2. Determinar el impacto de 12 sesiones de SIT sobre el porcentaje de grasa corporal total en adultos jóvenes físicamente activos.
3. Demostrar el efecto de un protocolo de SIT de 12 sesiones sobre la masa muscular total en adultos jóvenes físicamente activos.
4. Demostrar el efecto de un protocolo de SIT de 12 sesiones sobre la masa corporal (kg) en adultos jóvenes físicamente activos.
5. Analizar el efecto de un protocolo de SIT de 12 sesiones sobre el Índice de Masa Corporal en adultos jóvenes físicamente activos.
6. Analizar el efecto de un protocolo de SIT de 12 sesiones sobre la Frecuencia Cardiaca Basal y de esfuerzo en adultos jóvenes físicamente activos.
7. Reconocer el impacto de 12 sesiones de tipo SIT sobre la Presión Arterial Sistólica en un grupo de adultos jóvenes físicamente activos.
8. Determinar y analizar el Doble Producto en estado Basal con respecto a un entrenamiento tipo SIT en adultos jóvenes físicamente activos.

VIII. METODOLOGÍA

8.1 Diseño experimental

El diseño del estudio fue cuasi-experimental pre/post no probabilístico por conveniencia. La muestra reclutada fueron varones pertenecientes a la población estudiantil de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California Campus Ensenada. Los estudiantes interesados en participar en el estudio acudieron al Laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana para solicitar información más detallada del estudio. Inicialmente se obtuvo un tamaño de muestra de 14 sujetos, los cuáles, asistieron a una reunión informativa recibiendo una explicación detallada del estudio por parte de los responsables del proyecto. Una vez recibida esta información, los participantes firmaron voluntariamente un consentimiento informado para formar parte del estudio.

Aunado a lo anterior, para descartar un posible riesgo cardiovascular durante la realización de ejercicio físico, los participantes respondieron de manera personal un cuestionario de salud cardiovascular (PAR-Q, por sus siglas en inglés, ver anexo #1). Para el presente trabajo, con base en el puntaje obtenido en el PAR-Q, todos los participantes fueron aptos para ser incluidos en el trabajo de investigación. De igual forma, para determinar de manera indirecta el nivel de actividad física se aplicó de manera personal el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ, por sus siglas en inglés) (ver anexo #2).

Veinticuatro horas posteriores a la administración de los cuestionarios PAR-Q e IPAQ, los participantes asistieron al laboratorio a realizar una prueba gradual de esfuerzo máximo (PGEM), para determinar el VO_{2MAX} . Para lo anterior, se utilizó un carro metabólico (COSMED Quark CPET; Roma, Italia) y el software (PFT Ergo Versión 10.0) para captura y análisis de los valores de VO_2 . Para realizar la PGEM, se solicitó a los participantes presentarse con un periodo de ayuno de 2 horas. En el mismo sentido se solicitó a los participantes del estudio abstenerse de realizar actividad física vigorosa y/o extenuante 24 horas previo a la realización de la PGEM. La composición corporal fue determinada antes de realizar la PGEM por el método de bioimpedancia eléctrica (InBody 770; Seoul, Korea).

Una vez determinado el VO_{2MAX} , se inició con el programa de entrenamiento de 12 sesiones de SIT. La primera sesión de inicio 24 horas posteriores a la determinación del VO_{2MAX} . Al finalizar el periodo de entrenamiento (sesión 12), y después de un periodo de 24 horas, se determinó nuevamente la composición corporal y el VO_{2MAX} en todos los sujetos de estudio.

8.2 Participantes

Para realizar el presente estudio se obtuvo un muestreo no probabilístico por conveniencia inicial de 14 participantes, sin embargo, por motivos ajenos al protocolo de entrenamiento se tuvo una muerte experimental de 5 sujetos, quedando una muestra final de 9 sujetos varones (22 ± 2.0 años; 66.6 ± 8.1 kg; 1.741 metros $\pm .085$ metros) de la Facultad de Deportes Campus Ensenada. Con base en puntaje del IPAQ, 8 sujetos presentaron actividad física vigorosa (6328.7 ± 4726 METS), mientras 1 sujeto de estudio presentó niveles de actividad física moderada (1626 METS). El Índice de Masa Corporal (IMC), al inicio del programa de SIT fue de 22.0 ± 2.1 kg/m².

8.3 Prueba Gradual de Esfuerzo Máximo

La PGEM se desarrolló con base en la metodología previamente descrita (Cabral-Santos et al., 2016). Se inició con la determinación del consumo de oxígeno (VO_2) en reposo. Para lo anterior, se colocó en el sujeto de estudio una mascarilla con una turbina enlazada a un tubo de muestreo dirigiéndose a sensores de O_2 y CO_2 . Se solicitó al participante permanecer sentado en un banco antropométrico por 3 minutos. Finalizado el periodo de reposo, se determinó el VO_2 en reposo, de igual forma se valoró la PA y FC en reposo (Figura 1). Para la determinación de la presión arterial, se utilizó un baumanómetro digital de la marca OMROM modelo HEM 7130. Un pulsómetro FT1 (POLAR) fue utilizado para registrar por método telemétrico la frecuencia cardíaca en reposo, durante y posterior a la PGEM. Una vez evaluadas las variables cardiovasculares y pulmonares en estado de reposo, se inició con la PGEM. Para lo anterior, se utilizó una banda ergométrica (PROFORM 505 CST Treadmill modelo 2014). La PGEM inició con un periodo de calentamiento de 4 minutos a una velocidad de 5 km/h a 1° de inclinación. Finalizado el periodo de calentamiento, se incrementó la velocidad de carrera por estadios de 2 minutos. El aumento de velocidad en cada periodo fue de 1 km/hr. La PGEM continuó hasta que

el sujeto no lograba sostener la velocidad de carrera por más tiempo. Durante toda la PGEM, el sujeto fue animado verbalmente para dar su máximo esfuerzo físico. Durante la PGEM se consideró que el esfuerzo físico fue extenuante o máximo si el participante alcanzaba al menos 3 de los siguientes parámetros fisiológicos:

- 1) valor de intercambio respiratorio ≥ 1.1 .
- 2) FCmax ± 10 latidos/minuto de la FCmax teórica determinada con la fórmula 220-edad (años).
- 3) un valor ≥ 17 de la escala de Börg.
- 4) que el sujeto indicará no poder continuar con la prueba (máxima capacidad volitiva) (Anexo #3) (Casajús, Piedrafita, & Aragonés, 2009).

Durante la PGEM, el intercambio de gases fue medido por método directo con un carro metabólico (Quark PFT, Cosmed, Roma, Italia), esto con la finalidad de determinar el VO_{2MAX} donde se obtuvo la tasa de intercambio respiratorio (TIR) resultante de la relación entre el volumen de dióxido de carbono con respecto al oxígeno (VCO_2/VO_2). Durante la realización de ejercicio de alta intensidad en banda ergométrica, la velocidad máxima de carrera a la cual se llegó en el último estadio de la PGEM, fue considerada como la velocidad aeróbica pico (VAP) (Cabral-Santos et al. 2016). Finalizada la PGEM, se continuó con un periodo de recuperación activa de 4 minutos (Figura 2). Durante el periodo de recuperación, el participante corrió a la misma velocidad del periodo de calentamiento. Al minuto posterior de finalizar la PGEM se registró la frecuencia cardíaca de recuperación.



Figura 1. Determinación de consumo de oxígeno en estado basal, previo al inicio de la realización de la prueba gradual de esfuerzo máximo.

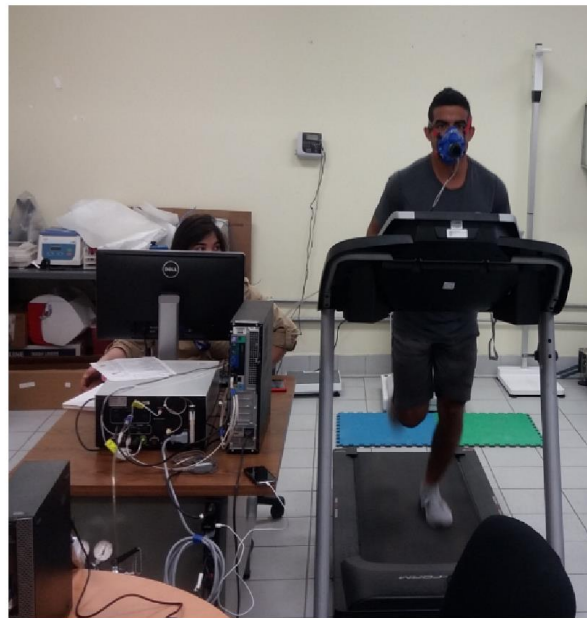


Figura 2. Determinación de consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}) con analizador de gases a través de una prueba de esfuerzo gradual en caminadora eléctrica.

8.4 Determinación de Composición Corporal

Para determinar la composición corporal se utilizó el método de bioimpedancia eléctrica (*Inbody 770*, *Biospace Corporation*, *Seoul Korea*) el procedimiento fue realizado de acuerdo a las instrucciones señaladas por el proveedor. (Figura 3) (Anexo #5)

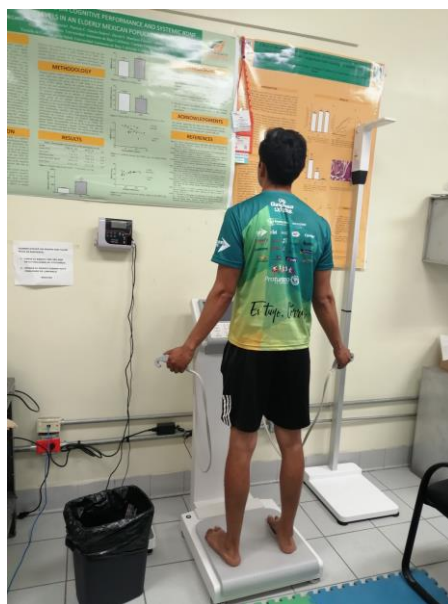


Figura 3. Determinación de composición corporal por el método de bioimpedancia eléctrica (*Inbody 770*)

8.5 Entrenamiento de Sprint por Intervalos -SIT-

Una vez obtenida la VAP para cada participante, se inició con el periodo de entrenamiento de SIT, el cual consistió en 12 sesiones. Los días lunes, miércoles y viernes de cada semana fueron los días de entrenamiento. Las sesiones de SIT fueron realizadas en una banda ergométrica (PROFORM) (Figura 4). De la sesión 1 a 3, el entrenamiento de SIT consistió en un periodo de calentamiento de 2 minutos, en el cual los participantes corrían al 40% de la VAP con una inclinación de 1°. Finalizado este intervalo, la velocidad se incrementaba al 100% de la VAP por 2 minutos, en este intervalo de máxima intensidad “all-out”, la inclinación de la banda se mantenía constante. Posterior al periodo de máxima intensidad, se continuaba con un periodo de recuperación activa de 2 minutos al 40% de la VAP. Esta modalidad de entrenamiento se mantuvo por 3 ciclos. Durante las primeras 3 sesiones de SIT se trabajó a una relación de 1:1 en referencia al trabajo de alta intensidad versus baja intensidad. De las sesiones 4 a 6, en entrenamiento de SIT consistió en correr 4 ciclos similares a los antes descritos, sin

embargo, en estas sesiones la relación de trabajo:recuperación fue 2:1. El periodo de “all-out” tuvo una duración de 2 minutos. De la sesión 7 a 12, los participantes realizaron 5 ciclos de SIT. En los cuales la relación trabajo-recuperación fue similar a las 3 sesiones anteriores. Durante todas las sesiones de entrenamiento, al finalizar cada periodo de “all-out” se registró la FCmax. Adicionalmente, al finalizar cada sesión de entrenamiento, se registró la distancia total recorrida (millas) y el gasto energético (kcal) para cada sujeto de estudio, ambas variables fueron reportadas por el potenciómetro de la banda ergométrica. Todas las sesiones de entrenamiento se realizaron en un horario de las 11:00 horas a 14:00 horas. Previo al inicio de cada sesión de SIT, se determinó la composición corporal, la FC en estado basal y la PA de los participantes.

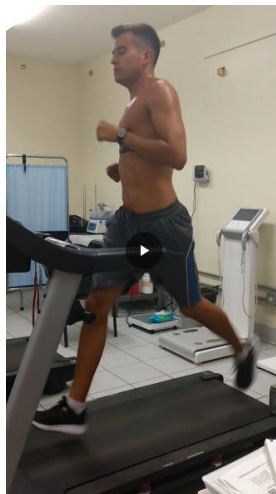


Figura 4. Realización de entrenamiento de sprint por intervalos (SIT) en banda ergométrica.

8.6 Determinación de la Intensidad de Ejercicio y Doble Producto en Estado Basal

La intensidad alcanzada por cada sesión de entrenamiento de SIT fue obtenida con base en el porcentaje (%) de la FCmax (Mann et al. 2013). Para lo anterior se utilizó la siguiente fórmula: $FC \text{ Esfuerzo} / FC_{\text{max Teórica}} * 100$. Este método ha sido empleado por otros autores para determinar la intensidad del ejercicio (McPhee & et al. 2011). Por otro lado, el doble producto (DP) en estado basal se obtuvo al multiplicar la presión arterial sistólica basal por la frecuencia cardíaca en estado basal. Esta fórmula ha sido ampliamente reportada (Nishimura & et al. 2014;

Akizuki & et al. 2014; Czajkowska & et al. 2009). El DP es un índice del consumo de oxígeno del miocardio (Nishimura & et al. 2014).

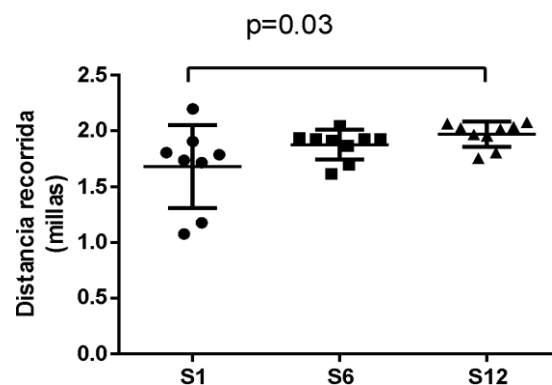
8.7 Análisis Estadístico

Los datos se presentan como promedio y desviación estándar. Se utilizó la prueba t de Student y ANOVA de un factor según corresponda para identificar diferencias significativas ($p \leq 0.05$). La prueba de Tukey fue utilizada en el análisis post-hoc cuando se consideró necesario. El Software estadístico GraphPad Prism versión 5.0 fue utilizado para realizar el análisis de los datos y los gráficos de resultados.

IX. RESULTADOS

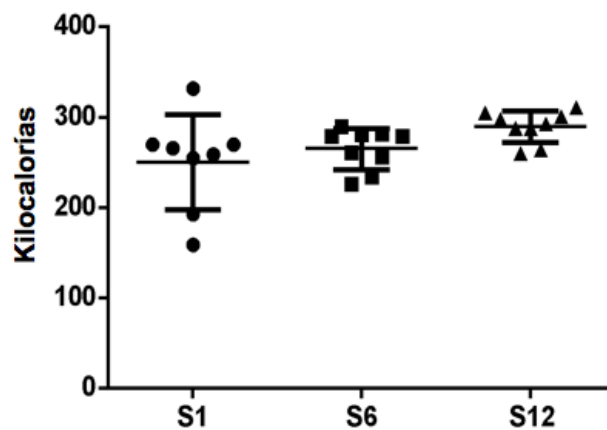
9.1 Rendimiento físico y demanda energética durante el entrenamiento de SIT

La Gráfica 1 muestra la distancia recorrida durante las sesiones 1, 6 y 12 del protocolo de SIT. Como se aprecia en la gráfica, la distancia recorrida fue significativamente mayor en la sesión 12 con respecto a la sesión 1 $F(2,23) = 2.89$, $p=0.03$. En la primera sesión de SIT, la distancia promedio recorrida fue de 1.67 ± 0.37 millas. Para la sesión 6 los participantes recorrieron 1.88 ± 0.14 millas. Finalmente, para la sesión 12, la distancia recorrida con 5 ciclos SIT fue de 1.96 ± 0.11 millas.



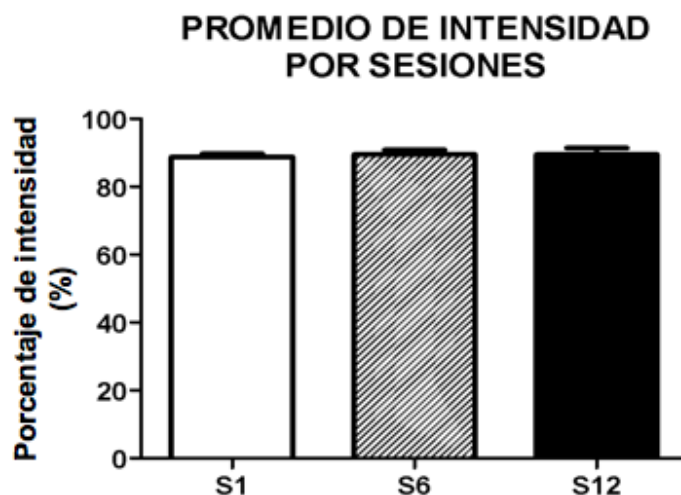
Grafica 1. Distancia recorrida durante las sesiones de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía. Tukey Pos hoc test.

El gasto calórico inducido por las sesiones 1, 6 y 12 de SIT se muestran en la Gráfica 2, donde se observa que no existió diferencia significativa entre el gasto calórico de las sesiones de SIT. Sin embargo, es importante señalar que el análisis estadístico reportó una fuerte tendencia ($F(2, 23) = 2.983$, $P = 0.0705$). Para la sesión 1, la cantidad de kcal fue de 260.5 ± 52.6 kcal. En la sesión 6, las kcal fueron de 265.3 ± 22.75 kcal. Por su parte, en la sesión 12 los participantes consumieron 289.8 ± 17.5 kcal.



Gráfica 2. Kilocalorías gastadas durante las sesiones de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

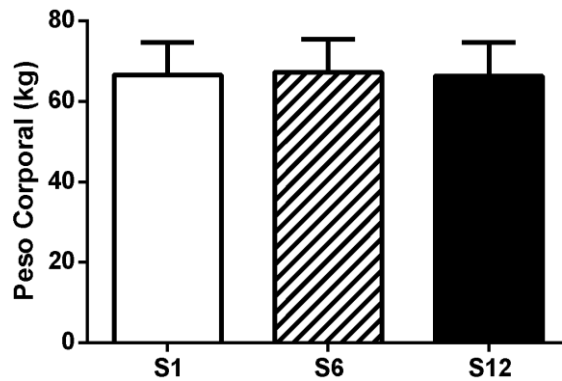
La intensidad del ejercicio se muestra en la Gráfica 3. En la primera sesión la intensidad promedio alcanzada fue de $89 \pm 3\%$. Por otro lado, en la sesión 6, los participantes alcanzaron una sesión promedio de $89 \pm 5\%$. Finalmente, en la sesión 12 la intensidad promedio fue de $89 \pm 6\%$.



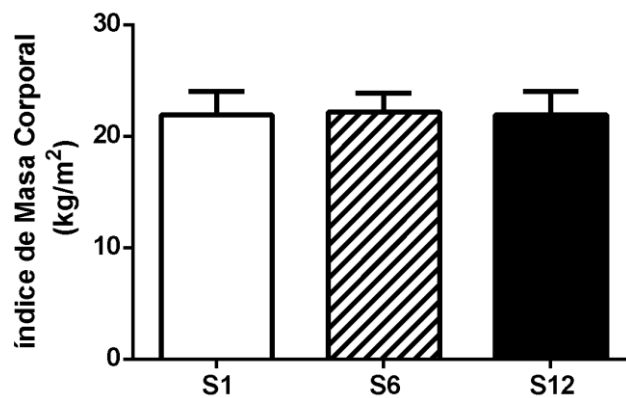
Gráfica 3. Intensidad del ejercicio alcanzada durante las sesiones de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

9.2 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre la composición corporal

La Gráfica 4 ilustra el impacto de 12 sesiones de SIT sobre el peso corporal, se puede observar que 12 sesiones de SIT no modificó significativamente el peso corporal en los participantes ($F(2, 23) = 0.03$, $P=0.99$). El peso corporal en la sesión 1 fue de 66.6 ± 8.1 kg. En la sesión 6 el peso promedio fue de 67.4 ± 8.1 kg. Finalmente, para la sesión 12, los participantes mostraron un peso promedio de 66.4 ± 8.3 kg. En el mismo sentido, la Gráfica 5 muestra que 12 sesiones de SIT no afectaron significativamente el IMC ($F(2,7) = 1.74$, $P = 0.21$). Para la sesión 1, el IMC promedio fue de 22.4 ± 1.7 kg/m². Para la sesión 6 el IMC promedio fue de 22.21 ± 1.7 kg/m². Finalmente, para la sesión 12 el IMC promedio mostrado por los participantes fue de 22.38 ± 1.8 kg/m².

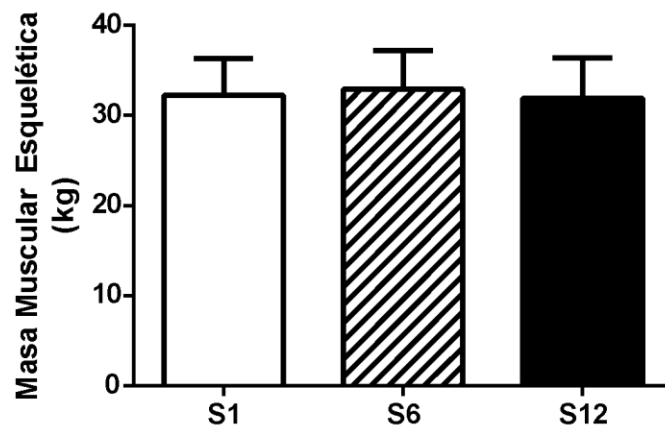


Gráfica 4. Peso corporal durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.



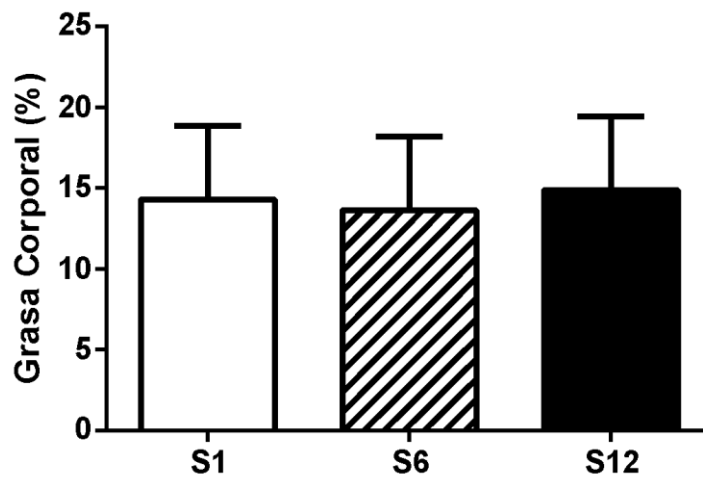
Gráfica 5. Índice de Masa Corporal durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

Similar al peso corporal, el entrenamiento de SIT no presentó efectos significativos sobre la masa muscular esquelética total ($F(2, 23) = 0.1, P=0.97$) (Gráfica 6). En la sesión 1, la masa muscular esquelética total fue de 32.5 ± 4.1 kg, En la sesión 6, la masa muscular esquelética total reportada fue de 33.0 ± 4.3 kg. En la última sesión, la masa muscular esquelética total fue de 32.0 ± 4.4 kg (Gráfica 6).



Gráfica 6. Masa Muscular Esquelética Total durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

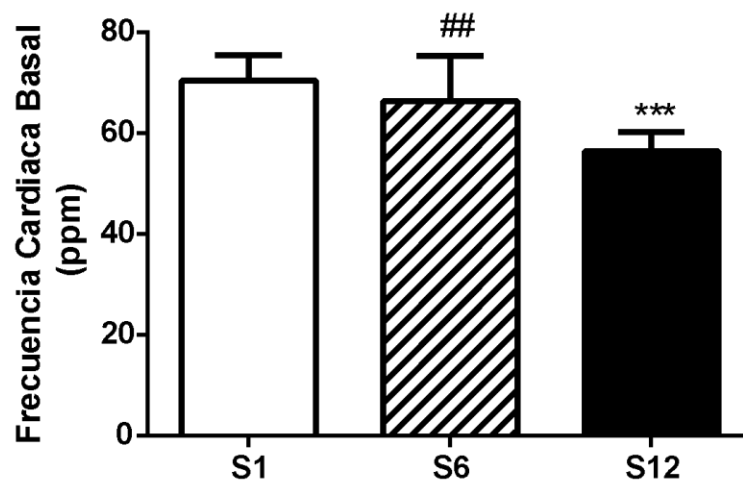
El porcentaje de grasa corporal se muestra en la Gráfica 7, el entrenamiento de SIT por 12 sesiones no modificó significativamente el porcentaje de grasa corporal ($F(2, 23) = 0.1641$, $P = 0.8497$). En la sesión 1, el porcentaje de grasa corporal fue de 14.3 ± 4.6 . Para la sesión 6, los participantes mostraron un porcentaje de grasa corporal de 13.6 ± 4.6 %. Finalmente en la última sesión, el porcentaje de grasa corporal fue de 14.3 ± 4.6 %.



Gráfica 7. Porcentaje de Masa Grasa durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

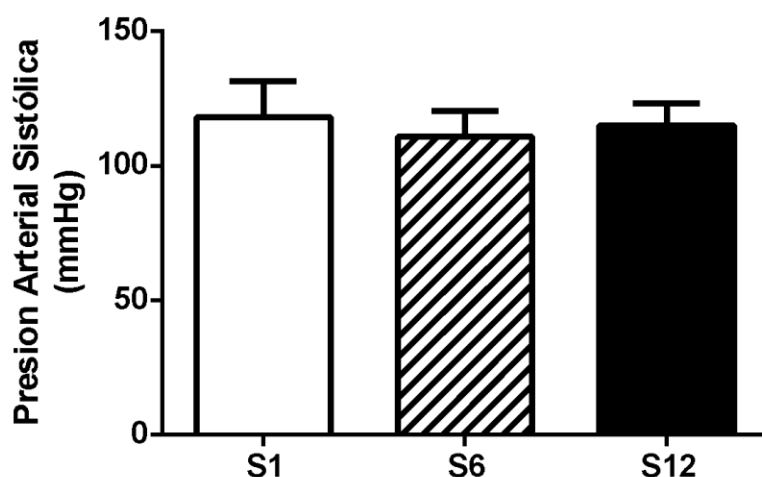
9.3 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre parámetros cardiovasculares

El impacto del SIT sobre las variables cardiovasculares se reporta en las Gráficas 8, 9 y 10. Como se muestra en la Gráfica 8, 12 sesiones de SIT, impactaron significativamente en la frecuencia cardiaca basal (FC Basal) ($F(2, 23) = 10.73$ $P = 0.0005$). En la sesión 1 la FC Basal fue de 70 ± 5 ppm, en la sesión 6 los participantes mostraron una FC Basal promedio de 66 ± 9 ppm. Finalmente, en la última sesión, la FC Basal fue de 56 ± 4 ppm ($p=0.0005$ vs S1; $p=0.009$ vs S6).



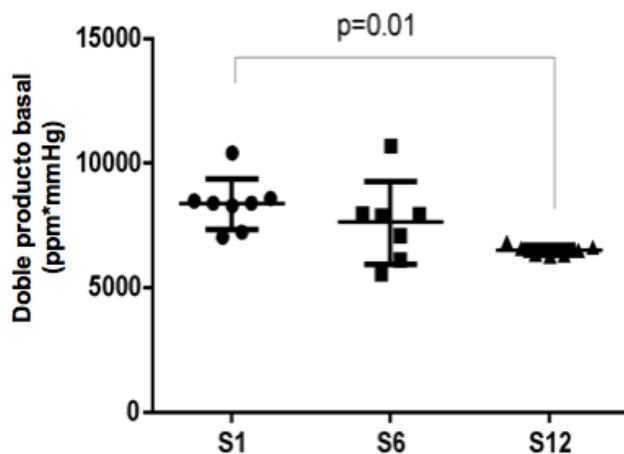
Gráfica 8. Frecuencia Cardiaca Basal durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía. (***) $p=0.0005$ vs S1; (##) $p=0.009$ vs S6)

Por otro lado, se observó que 12 sesiones de SIT no afectaron significativamente la presión arterial sistólica (PAS) ($F(2, 20) = 0.9007$, $p = 0.4221$) (Gráfica 9). En relación a la primera sesión, la PAS promedio fue de 118 ± 12 mmHg. En el mismo sentido, en la S6, la PAS fue de 111 ± 9 mmHg. Finalmente, en la sesión 12, los participantes mostraron una PAS de 115 ± 8 mmHg.



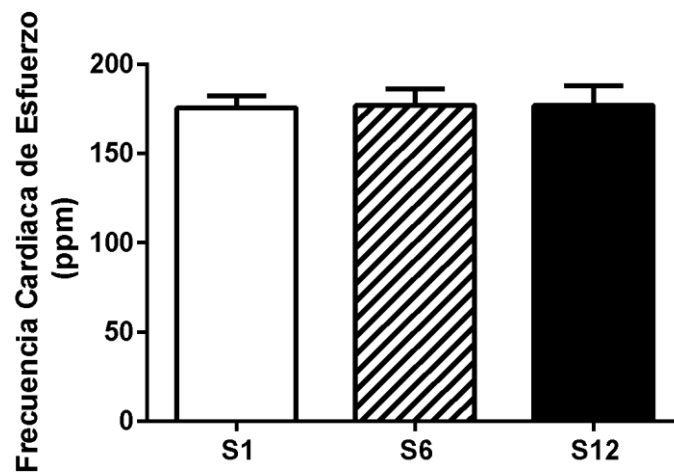
Gráfica 9. Presión Arterial Sistólica previa al entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

Contrariamente a la PAS, el presente protocolo impactó significativamente en el doble producto en estado basal ($F(2, 19) = 5.132$, $p = 0.0165$) (Gráfica 10). En la sesión 1 el valor del doble producto fue de 8378 ± 1020 (ppm*mmHg). En el mismo sentido, el doble producto en la sesión 6 fue de 7628 ± 1655 , finalmente en la sesión 12 el valor del doble producto mostrado por los participantes fue de 6520 ± 198.6 ($p=0.01$ vs S1).



Gráfica 10. Doble Producto Basal previo al entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

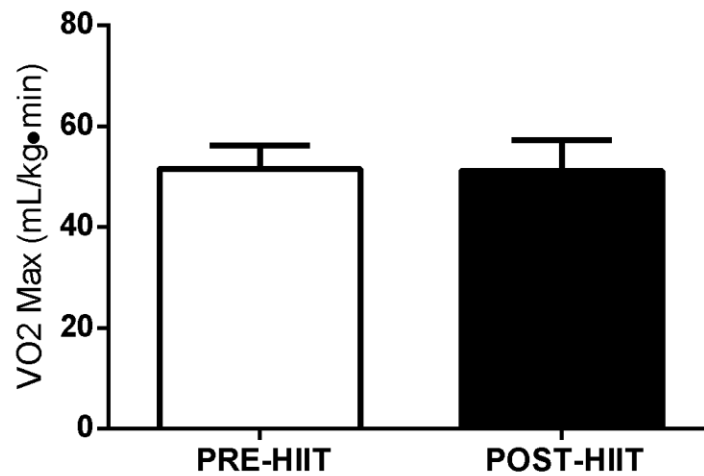
La frecuencia cardiaca de esfuerzo (FC esfuerzo) de las sesiones de ejercicio estudiadas se muestran en la Gráfica 11. El análisis estadístico indicó que la frecuencia cardiaca de esfuerzo no presentó cambios por efecto del entrenamiento, ($F(2,24) = 0.064$, $p = 0.93$). En la sesión 1 la FC esfuerzo promedio fue de 176 ± 6 ppm, en la sesión 6 la FC esfuerzo fue de 177 ± 9 ppm. Finalmente, en la sesión 12 la FC esfuerzo promedio fue de 176 ± 11 ppm.



Gráfica 11. Frecuencia Cardiaca de Esfuerzo durante el entrenamiento de SIT. S1: Sesión 1, S6: Sesión 6 y S12: sesión 12 de SIT. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. ANOVA de una vía.

9.4 Impacto de 12 sesiones de SIT sobre el VO_{2max}

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2MAX}) no se modificó significativamente en 12 sesiones de SIT (Gráfica 12). Previo al inicio del protocolo, el VO_{2MAX} promedio fue de 51.6 ± 4.3 ml/kg•min. Por otro lado, posterior al protocolo de SIT, el VO_{2MAX} fue en 51.4 ± 5.7 ml/kg•min ($p=1.0$)



Gráfica 12. Consumo Máximo de Oxígeno durante la PGEM. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. T Student. $p=1.0$.

En la Tabla 1 se resume el impacto del programa SIT sobre todas las variables de estudio.

Tabla 1. Datos antropométricos y cardiovasculares en estado basal pre y post tratamiento.

Variable	PRE-SIT	POST-SIT	P
Peso Corporal (kg)	66.6 $\pm$ 8.1	66.4 $\pm$ 8.3	1.00
IMC (kg/m ²)	22.4 $\pm$ 1.7	22.38 $\pm$ 1.8	1.00
Masa Muscular Total (kg)	32.5 $\pm$ 4.1	32.0 $\pm$ 4.4	0.60
Grasa Corporal (%)	14.3 $\pm$ 4.6	14.3 $\pm$ 4.6	0.75
Frecuencia Cardiaca Basal (ppm)	70 $\pm$ 5	56 $\pm$ 4	0.0001
Presión Arterial Sistólica (mmHg)	118 $\pm$ 12	115 $\pm$ 8	0.38
Doble Producto Basal (ppm*mmHg)	8378 $\pm$ 1020	6520 $\pm$ 199	0.0001
VO ₂ MAX (ml/kg• min)	51.6 $\pm$ 4.3	51.4 $\pm$ 5.7	1.0.

X. DISCUSIÓN

El presente trabajo de tesis se enfocó en determinar el impacto de un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad de corta duración sobre el consumo máximo de oxígeno, variables cardiovasculares y composición corporal en adultos jóvenes sanos. Los resultados indican que un protocolo de ejercicio de alta intensidad de corta duración no modifica de forma significativa los niveles de VO_{2MAX} y la composición corporal en jóvenes adultos con un bajo porcentaje de grasa corporal y niveles relativamente elevados de capacidad aerobia. Por el contrario, el mismo protocolo de ejercicio indujo adaptaciones cardiovasculares en los participantes.

El volumen total de entrenamiento durante todas las sesiones fue ≤ 15 minutos, por lo que la duración del entrenamiento se encontraba dentro de los rangos sugeridos para realizar HIIT o SIT (Gillen & Gibala, 2014). La FC alcanzada durante cada intervalo de alta intensidad fue $\approx 89\%$ de la FC_{max} . Dado que los intervalos de alta intensidad fueron realizados al 100% del VO_{2PICO} , estos resultados indican que la FC no se considera un indicador confiable para controlar la intensidad del entrenamiento al periodizar un SIT. Lo anterior también ha sido sugerido por otros autores (Astorino et al., 2017; Horn et al., 2016; Shi et al., 2018).

Por otra parte, la composición corporal (masa corporal, IMC, %GC, masa muscular) no fue modificada por efecto de doce sesiones de SIT en modalidad de carrera; nuestros resultados concuerdan con señalado por otros autores (Mckie et al., 2017) quienes utilizaron un protocolo similar al diseñado en el presente estudio. En contraste, estudios donde se ha periodizado un mayor volumen de entrenamiento (≥ 6 semanas) el SIT ha sido un estímulo eficiente para modificar la composición corporal (Khammassi et al., 2018; Macpherson et al., 2011; Ouerghi et al., 2017). Estos estudios indican que la duración del programa de entrenamiento es una variable relevante para inducir cambios en la composición corporal. Sin embargo, es importante indicar que una debilidad del presente trabajo es que no fue controlada y valorada la ingesta calórica de los participantes, en ese sentido, es conocido que la ingesta calórica cobra importancia para modificar la composición corporal cuando se realiza ejercicio físico (Foster-Schubert et al., 2012; Layman et al., 2018). Por lo tanto, no se puede descartar que durante el estudio la ingesta calórica en el grupo de sujetos que realizó el SIT pudo haber sido mayor que el grupo control,

impidiendo la modificación de la composición corporal por consecuencia del plan de entrenamiento.

En referencia al $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, no mostró diferencias significativas después de doce sesiones de entrenamiento SIT en modalidad de carrera, es importante indicar que este resultado contrasta con datos publicados recientemente (Mckie et al., 2017). En el estudio de Mckie (2017) los cambios post-entrenamiento en el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ fueron ~5% mayores a los reportados previo al entrenamiento. Los participantes del estudio de Mckie mostraron un valor inicial de $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ de $\approx 46 \text{ mL/kg}\cdot\text{min}$, a diferencia de los sujetos de nuestro estudio quienes reportaron elevados valores iniciales de $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ ($52.2 \text{ mL/kg}\cdot\text{min}$) (Paap & Takken, 2014). Por otra parte, otros de los factores que pudieron haber influido en las adaptaciones funcionales fue la duración del plan de entrenamiento (12 sesiones) así como la modalidad del protocolo de ejercicio (sprint). Otros autores (Astorino et al., 2017) han sugerido hipótesis similares respecto al elevado nivel de capacidad aeróbica previo al programa de ejercicio, por ejemplo, el cambio de $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ inducido por un HIIT fue inversamente proporcional al nivel de capacidad cardiorrespiratoria inicial. Lo anterior, corrobora la existencia de resultados controversiales sobre el impacto del SIT y HIIT sobre el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ cuando se modifica la duración, intensidad y el volumen de entrenamiento en el diseño del protocolo ejercicio.

Algunos autores (Daussin et al., 2007, 2008) reportan que veinticuatro sesiones de SIT incrementaron el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ por efecto de adaptaciones centrales, específicamente el gasto cardiaco. No obstante, otros autores (Macpherson et al., 2011) reportaron que dieciocho sesiones de SIT en banda ergométrica mejoraron el $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ al inducir adaptaciones periféricas, concretamente por una mayor diferencia arterio-venosa de oxígeno en las fibras musculo esqueléticas. En cuanto a las adaptaciones periféricas, el estudio realizado por Raleigh et al. (2018) empleó ejercicios de SIT en cicloergómetro. Mientras que el presente estudio, se basó en ejercicios de carrera en banda ergométrica. Al comparar ejercicios de carrera contra ejercicios de ciclismo, las demandas metabólicas y de consumo de oxígeno son mayores en los músculos ejercitados en el ciclismo (Kriel, Askew, & Solomon, 2018); estas condiciones pudieran estar induciendo adaptaciones a nivel molecular asociadas a procesos de angiogénesis, mismas que fueron reportadas en el estudio de Raleigh et al. (2018). Aunado a lo anterior, el mismo estudio observó una mayor diferencia arterio-venosa en el consumo de oxígeno posterior al SIT, este efecto puede considerarse una respuesta compensatoria a la demanda de oxígeno derivado de los

ejercicios de ciclismo (Kriel et al., 2018) resultando en adaptaciones periféricas para el incremento del VO_{2MAX} posterior al SIT (Raleigh et al., 2018). De acuerdo a lo previamente señalado, se considera que los ejercicios de carrera realizados por los participantes del estudio durante el entrenamiento no causaron una sobrecarga metabólica para inducir adaptaciones periféricas asociadas al incremento del VO_{2MAX} .

Finalmente, en el estudio de MacPherson et al. (2011), se reportó una mejora en el VO_{2MAX} inducida por adaptaciones periféricas. No obstante, dicho estudio aplicó dieciocho sesiones de SIT, mientras que en el trabajo actual se realizaron doce sesiones de SIT. Estos datos sugieren la posible presencia de una relación dosis-efecto, donde exista un umbral entre el tiempo de duración del plan de entrenamiento (cantidad de sesiones o semanas) para obtener efectos a nivel cardiorrespiratorio en sujetos físicamente activos en la modalidad del presente trabajo.

Por otra parte, los nulos efectos sobre la composición corporal y la aptitud cardiorrespiratoria provocados por doce sesiones de SIT en modalidad de carrera redujeron la FC en reposo. Nuestros datos concuerdan con otros trabajos que emplearon el entrenamiento interválico de alta intensidad (Heydari, Freund, & Boutcher, 2012; van Biljon, McKune, DuBose, Kolanisi, & Semple, 2018). La FC está regulada por la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) a través de la actividad vagal perteneciente al sistema nervioso parasimpático (SNP) y la inervación ventricular del sistema nervioso simpático (SNS) (Almeida & Araújo, 2003). Lo anterior, señala que un incremento de la actividad vagal del SNP se ve reflejada al disminuir la FC en reposo (Lahiri, Kannankeril, & Goldberger, 2008) esta actividad fisiológica es comúnmente reportada en programas de entrenamiento aeróbico de larga duración y moderada intensidad (Du et al., 2005; Kang, Kim, & Ko, 2016). Sin embargo, recientemente se reporta que el HIIT a corto plazo reduce la FC en reposo y mejora la actividad vagal (evaluada con los dominios de frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca-VFC-) (van Biljon et al., 2018). No obstante, a pesar de que el presente estudio no se valoró directamente la VFC, no descartamos la posibilidad de que el efecto encontrado en la FC en reposo podría ser debido a una mayor actividad del SNP por efecto del SIT. Tomando en consideración que el protocolo de van Biljon era similar a nuestro programa de entrenamiento (15 sesiones vs 12 sesiones en el estudio actual). El programa de entrenamiento utilizado en el presente estudio redujo la presión arterial sistólica y el valor promedio de la presión arterial (PAS y PPA) al compararla contra los

valores iniciales de los sujetos de estudio. Dentro de nuestro marco de referencia, este es el primer estudio que reporta efectos significativos de un entrenamiento SIT en modalidad de carrera a corto plazo sobre la presión arterial en adultos jóvenes sanos. Anteriormente, otros estudios (Heydari et al., 2012) reportaron una disminución de la presión arterial después de 36 sesiones de SIT en modalidad de carrera, mientras que otros estudios realizados con ejercicios de ciclismo no encontraron efectos significativos sobre la presión arterial después de SIT (Matsuo, Saotome, Seino, Eto, et al., 2014; Matsuo, Saotome, Seino, Shimojo, et al., 2014). Estos datos sugieren que el entrenamiento SIT en modalidad de carrera es relevante para disminuir la presión arterial, al menos en adultos jóvenes sanos con un alto nivel VO₂MAX.

Finalmente, el valor del doble producto (DP) en reposo fue menor al final del estudio al ser comparado contra los valores iniciales de los sujetos. Este resultado concuerda a lo reportado por otros autores (Faria Terra et al., 2008) al haber observado un menor valor de DP en reposo posterior a una intervención de entrenamiento de resistencia a largo plazo en mujeres hipertensas. Como se ha indicado anteriormente por otros autores, el DP es un método no invasivo para determinar el consumo de oxígeno miocárdico (MVO₂) (Ansari et al., 2012). Sin embargo, el impacto del SIT sobre el DP durante la realización de ejercicio físico y en reposo, no ha sido reportado. La utilidad de la valoración del DP en reposo ha sugerido previamente en el contexto de consumo de oxígeno miocárdico (Inoue et al., 2012; Kimura et al., 2017). En concreto, un mayor valor de DP en reposo ha sido asociado de manera directa con un mayor riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares (CVD) y no CVD respecto a otros marcadores de riesgo cardiovascular como la presión arterial sistólica, diastólica y la FC en reposo (Inoue et al., 2012). Por último, un MVO₂ bajo es un indicador de mejoramiento en la función cardíaca al asociarse con una mayor relajación del ventrículo izquierdo y cambios en el metabolismo de sustratos miocárdicos (Lin et al., 2011; Peterson et al., 2004). A pesar que no evaluamos el MVO₂ directamente, nuestros datos sugieren que doce sesiones de SIT en modalidad de carrera pueden inducir cambios metabólicos en el músculo cardíaco.

XI. CONSLUSIÓN

Doce sesiones de SIT basado en ejercicios de carrera disminuyeron significativamente la presión arterial en hombres adultos jóvenes sanos con una alta aptitud cardiorrespiratoria.

En contraste, la intervención del programa de entrenamiento no modificó el nivel de VO_{2MAX} . Además, un SIT de corta duración no fue un estímulo suficiente para producir cambios en la composición corporal. Considerando que estudios previos utilizaron un mayor volumen de entrenamiento, parece ser que un mayor curso de tiempo de entrenamiento es necesario para observar cambios en la capacidad cardiorrespiratoria y la composición corporal. No obstante, el protocolo de SIT indujo cambios en el metabolismo del músculo cardíaco (DP), presión arterial y frecuencia cardíaca en reposo.

XII. PERSPECTIVAS

1. Estudiar el impacto del protocolo utilizado en población de mujeres y adicionalmente incluir datos sobre control de dieta.
2. Incrementar el tamaño muestral para corroborar si las respuestas cardiovasculares encontradas en el presente estudio se mantienen.
3. Realizar un programa de entrenamiento mayor de duración para valorar el efecto sobre las mismas variables de estudio.
4. Estudiar el impacto del protocolo utilizado en el presente estudio sobre la respuesta autonómica del entrenamiento.
5. Estudiar el impacto del protocolo utilizado en el presente estudio sobre variables metabólicas como glucosa en ayuno, resistencia a la insulina, colesterol, triglicéridos, HDL y LDL.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. B., & Araújo, C. G. S. (2003). Effects of aerobic training on heart rate. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 9(2), 113–120.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00751.2002>
- Ansari, M., Javadi, H., Pourbehi, M., Mogharrabi, M., Rayzan, M., Semnani, S., & Assadi, M. (2012). The association of rate pressure product (RPP) and myocardial perfusion imaging (MPI) findings: A preliminary study. *Perfusion*, 27(3), 207–213.
<https://doi.org/10.1177/0267659112436631>
- Astorino, T. O. D. D. A. A., Llen, R. Y. A. N. P. A., & Oberson, D. A. W. R. (2012). Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, vo2max, and muscular force, 138–145.
- Astorino, T. A., Edmunds, R. M., Clark, A., King, L., Gallant, R. A., Namm, S., & Wood, K. M. (2017). High-Intensity Interval Training Increases Cardiac Output and VO2max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(2), 265–273.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001099>
- Bernal-Reyes, F., Peralta-Mendivil, A., Gavotto-Nogales, H. H., & Placencia-Camacho, L. (2015). *Principios de entrenamiento deportivo para la mejora de las capacidades físicas*. *BIOtecnia*, 16(3), 42. <https://doi.org/10.18633/bt.v16i3.140>
- Bompa, T. (2007). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento* (Segunda). Toronto.
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*. Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Burgomaster, K A, Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J. F., Bradwell, S. N., Gibala, M. J., Kirsten, A., & George, J. F. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 1985–1990. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01095.2004>.
- Burgomaster, Kirsten A., Heigenhauser, G. J. F., & Gibala, M. J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *Journal of Applied Physiology*, 100(6), 2041–2047.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01220.2005>

- Burgomaster, Kirsten A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., Mcgee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *Journal of Physiology*, 586(1), 151–160. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.142109>
- Cabral-Santos, C., Castrillón, C. I. M., Miranda, R. A. T., Monteiro, P. A., Inoue, D. S., Campos, E. Z., & Lira, F. S. (2016). Inflammatory cytokines and BDNF response to high-intensity intermittent exercise: Effect the exercise volume. *Frontiers in Physiology*, 7(NOV). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00509>
- Casajús, J.A., Piedrafita, E. & Aragonés, M.T. (2009). *Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo*. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 9 (35), 217-231.
- Correa-Rodríguez, M., Rueda-Medina, B., González-Jiménez, E., & Schmidt-RioValle, J. (2017). Associations between body composition, nutrition, and physical activity in young adults. *American Journal of Human Biology*, 29(1). <https://doi.org/10.1002/ajhb.22903>
- Daussin, F. N., Ponsot, E., Dufour, S. P., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Geny, B., & Richard, R. (2007). Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 377–383. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0499-3>
- Daussin, F. N., Zoll, J., Dufour, S. P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., & Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 295(1), 264–272. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00875.2007>
- Dengel, D. R., Galecki, A. T., Hagberg, J. M., & Pratley, R. E. (1998). The independent and combined effects of weight loss and aerobic exercise on blood pressure and oral glucose tolerance in older men. *American Journal of Hypertension*, 11(12), 1405–1412. [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(98\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(98)00185-X)
- Du, N., Bai, S., Oguri, K., Kato, Y., Matsumoto, I., Kawase, H., & Matsuoka, T. (2005). Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(1), 9–17.

- Faria Terra, D., Rabelo Mota, M., Thomaz Rabelo, H., Aguiar Bezerra, L. M., Moreno Lima, R., Garcia Ribeiro, A., & Martins da Silva, F. (2008). Reduction of arterial pressure and double product at rest after resistance exercise training in elderly hypertensive women. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 91(5), 299–305. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19142373>
- Foster-Schubert, K. E., Alfano, C. M., Duggan, C. R., Xiao, L., Campbell, K. L., Kong, A., & Mctiernan, A. (2012). Effect of diet and exercise, alone or combined, on weight and body composition in overweight-to-obese postmenopausal women. *Obesity*, 20(8), 1628–1638. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.76>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014, February). Sprint interval training effects on aerobic capacity: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0115-0>
- Gillen, J. B., & Gibala, M. J. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, 412(3), 409–412. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0187>
- Ha, C.-H., & So, W.-Y. (2012). Effects of combined exercise training on body composition and metabolic syndrome factors. *Iranian Journal of Public Health*, 41(8), 20–26. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23113220>
- Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2012). The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males. *Journal of Obesity*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/480467>

- Horn, T., Roverud, G., Sutzko, K., Browne, M., Parra, C., & Astorino, T. A. (2016). Single session of sprint interval training elicits similar cardiac output but lower oxygen uptake versus ramp exercise to exhaustion in men and women. *International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology*, 8(3), 87–94. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=prem&NEWS=N&AN=27785335%0Ahttp://www.ijppp.org/files/ijppp0031856.pdf%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed17&NEWS=N&AN=612815005>
- INEGI (2018). *Menos de la mitad de la población realiza en su tiempo libre la práctica de algún deporte o ejercicio físico*.
- Inoue, R., Ohkubo, T., Kikuya, M., Metoki, H., Asayama, K., Kanno, A., & Imai, Y. (2012). Predictive value for mortality of the double product at rest obtained by home blood pressure measurement: The ohasama study. *American Journal of Hypertension*, 25(5), 568–575. <https://doi.org/10.1038/ajh.2012.3>
- Kang, S.-J., Kim, E., & Ko, K.-J. (2016). Effects of aerobic exercise on the resting heart rate, physical fitness, and arterial stiffness of female patients with metabolic syndrome. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(6), 1764–1768. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1764>
- Kimura, G., Inoue, N., Mizuno, H., Izumi, M., Nagatoya, K., Ohtahara, A., & Matsumura, T. (2017). Increased double product on Monday morning during work. *Hypertension Research*, 40(7), 671–674. <https://doi.org/10.1038/hr.2017.16>
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight / obese youth. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(1), 118–125.
- Kriel, Y., Askew, C. D., & Solomon, C. (2018). The effect of running versus cycling high intensity intermittent exercise on local tissue oxygenation and perceived enjoyment in 18–30-year-old sedentary men. *PeerJ*, 6, e5026. <https://doi.org/10.7717/peerj.5026>
- Lahiri, M. K., Kannankeril, P. J., & Goldberger, J. J. (2008). Assessment of Autonomic Function in Cardiovascular Disease. Physiological Basis and Prognostic Implications. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(18), 1725–1733. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.01.038>

- Layman, D. K., Evans, E., Baum, J. I., Seyler, J., Erickson, D. J., & Boileau, R. A. (2018). Dietary Protein and Exercise Have Additive Effects on Body Composition during Weight Loss in Adult Women. *The Journal of Nutrition*, 135(8), 1903–1910.
<https://doi.org/10.1093/jn/135.8.1903>
- Lin, C. H., Kurup, S., Herrero, P., Schechtman, K. B., Eagon, J. C., Klein, S., & Peterson, L. R. (2011). Myocardial Oxygen Consumption Change Predicts Left Ventricular Relaxation Improvement in Obese Humans After Weight Loss. *Obesity*, 19(9), 1804–1812.
<https://doi.org/10.1038/oby.2011.186>
- MacPherson, R. E. K., Hazell, T. J., Olver, T. D., Paterson, D. H., & Lemon, P. W. R. (2011). Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(1), 115–122.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181e5eacd>
- Martinez, N., Kilpatrick, M. W., Salomon, K., Jung, M. E., & Little, J. P. (2015). Affective and enjoyment responses to high-intensity interval training in overweight-to-obese and insufficiently active adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(2), 138-149.
- Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Eto, M., Shimojo, N., Matsushita, A., & Mukai, C. (2014). Low - volume, high - intensity aerobic interval exercise for sedentary adults: VO₂max, cardiac mass, and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 114, 1963–1972. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2917-7>
- Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., & Mukai, C. (2014). Effects of a Low-Volume Aerobic-Type Interval Exercise on VO₂max and Cardiac Mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(1), 42–50.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a38da8>
- Mckie, G. L., Islam, H., Townsend, L. K., Robertson-wilson, J., Eys, M., & Hazell, T. J. (2017). Modified sprint interval training protocol: Physiological and psychological responses to four weeks of training, (December). <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0595>.
- Michalik, K., Danek, N., & Wierzbicka-Damska, I. (2018). Effects of sprint interval training on body composition and anthropometry in recreational long-distance runners. *Journal of Education, Health and Sport*, 8(6), 265-277.
- Norfolk, V. A., Abstract Gormley, S. E., Swain, D. P., High, R., Spina, R. J., Dowling, E. A., & Gandrakota, R. (2008). Physical Fitness and Performance Physical Education, and

- Recreation. *Med. Sci. Sports Exerc*, 40(7), 1336–1343.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e316c4839>
- Ouerghi, N., Ben Fradj, M. K., Bezrati, I., Khammassi, M., Feki, M., Kaabachi, N., & Bouassida, A. (2017). Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight / obese and normal-weight young men. *Biology of Sport*, 34(4), 385–392. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.69827>
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Organización Mundial de la Salud.
- Paap, D., & Takken, T. (2014). Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy adults: a systematic review. *Expert review of cardiovascular therapy*, 12(12), 1439–1453.
- Pallarés, J. G., & Morán-Navarro, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport & Health Research*, 4(2), 119–132.
- Patiño Villada, F. A., Márquez Arabia, J. J., Uscátegui Peñuela, R. M., Estrada Restrepo, A., Agudelo Ochoa, G. M., Manjarrés, L. M., & Velásquez Rodríguez, C. M. (2013). *Efecto de una intervención con ejercicio físico y orientación nutricional sobre componentes del síndrome metabólico en jóvenes con exceso de peso*. *Iatreia*, 26.
- Peiró, P. S., José, J., Galve, G., Lucas, M. O., & Tejero, S. S. (2011). *Ejercicio físico*. *MEDICINA NATURISTA*, 1, 18–23.
- Peterson, L. R., Herrero, P., Schechtman, K. B., Racette, S. B., Waggoner, A. D., Kisrieva Ware, Z., & Gropler, R. J. (2004). Effect of Obesity and Insulin Resistance on Myocardial Substrate Metabolism and Efficiency in Young Women. *Circulation*, 109(18), 2191–2196.
<https://doi.org/10.1161/01.cir.0000127959.28627.f8>
- Raleigh, J., David, M., Giles, M., Islam, H., & Nelms, M. (2018). Contribution of central and peripheral adaptations to changes in VO₂max following four weeks of sprint interval training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(10), 1059–1068.
<https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0864>
- Raleigh, J. P., Giles, M. D., Scribbans, T. D., Edgett, B. A., Sawula, L. J., Bonafiglia, J. T., & Gurd, B. J. (2016). The impact of work-matched interval training on VO₂peak and VO₂ kinetics: diminishing returns with increasing intensity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(7), 706–713.

- Ramírez Lechuga, J., Muros Molina, J. J., Morente Sánchez, J., Sánchez Muñoz, C., Femia Marzo, P., & Zabala Díaz, M. (2012). *Efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de 8 semanas durante las clases de educación física en adolescentes. Nutrición hospitalaria*, 27(3), 747-754. DOI:10.3305/nh.2012.27.3.5725
- Riebe, D., Franklin, B. A., Thompson, P. D., Garber, C. E., Whitfield, G. P., Magal, M., & Pescatello, L. S. (2015). Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening.
- Robinson, M. M., Dasari, S., Konopka, A. R., Johnson, M. L., Manjunatha, S., Esponda, R. R., & Nair, K. S. (2017). Enhanced Protein Translation Underlies Improved Metabolic and Physical Adaptations to Different Exercise Training Modes in Young and Old Humans. *Cell Metabolism*, 25(3), 581–592. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.02.009>
- Silva, D. A. S., Petroski, E. L., & Pelegrini, A. (2014). Effects of aerobic exercise on the body composition and lipid profile of overweight adolescents. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 36(2), 295–309. <https://doi.org/10.1590/s0101-32892014000200002>
- Shi, Q., Tong, T. K., Sun, S., Kong, Z., & Kit, C. (2018). Influence of recovery duration during 6-s sprint interval exercise on time spent at high rates of oxygen uptake In fluence of recovery duration during 6-s sprint interval exercise on time spent at high rates of oxygen uptake. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 16(1), 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.01.001>
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., & Dalgas, U. (2013, December). Effects of sprint interval training on VO₂max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.12092>
- Soto, J. L. P., Idarraga, L., Buriticá, A., Ramírez, L. E., & Bonilla, D. A. (2016). *Respuesta de parámetros hematológicos a una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad tipo crossfit®. Educación Física y Deporte*, 35(1), 1. <http://doi.org/10.17533/udea.efyd.v35n1a02>
- van Biljon, A., McKune, A. J., DuBose, K. D., Kolanisi, U., & Semple, S. J. (2018). Short Term High-Intensity Interval Training Is Superior to Moderate-Intensity Continuous Training in Improving Cardiac Autonomic Function in Children. *Cardiology*, 141, 1–8. <https://doi.org/10.1159/000492457>

Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Wiewelhoe, T., Fernandez-Fernandez, J., Raeder, C., Kappensteing, J., Meyer, T., Kellmann, M., & Ferrauti, A. (2016). Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protoet al. *Sports Med Phys Fitness*, 56.

XIII. ANEXOS

Physical Activity Readiness
Questionnaire - PAR-Q
(revisado 2002)

PAR-Q & YOU

(Un Cuestionario para Personas de 15 a 69 años)

La actividad física regular es saludable y sana, y más personas cada día están comenzando a estar más activas. Ser más activo es seguro para la mayoría de las personas. Sin embargo, algunos individuos deben consultar a un médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física.

Si usted está planeando participar en programas de ejercicio o de actividad física, lo recomendado es que responda a las siete preguntas descritas más abajo. Si usted tiene entre 15 y 69 años de edad, el cuestionario PAR-Q le indicará si necesita consultar a su médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física. Si usted tiene más de 69 años de edad, y no está acostumbrado a estar activo, consulte a su médico.

El sentido común es la principal guía para contestar estas preguntas. Favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente; Marque SI o NO.

SI	NO
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

Si
usted
contestó

Si a una o más preguntas:

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de empezar a estar más activo físicamente, o ANTES de tener una evaluación de su aptitud física. Dígame a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SI.

Usted puede estar listo para realizar cualquier actividad que desee, siempre y cuando comience lenta y gradualmente. O bien, puede que tenga que restringir su actividad a las que sea mas segura para usted. Hable con su médico sobre el tipo de actividades que desea participar y siga su consejo.

Busque programas en lugares especializados que sean seguros y beneficiosos para usted.

No todas preguntas:

Si usted contestó NO honestamente a todas las preguntas, entonces puede estar razonablemente seguro que puede:

- Comenzar a ser más activo físicamente, pero con un enfoque lento y que se prograse gradualmente. Ésta es la manera más segura y fácil.
- Formar parte de una evaluación de la aptitud física; esta es una manera excelente para determinar su aptitud física de base, lo cual le ayuda a planificar la mejor estrategia de vivir activamente. También, es muy recomendable que usted se evalúe la presión arterial. Si su lectura se encuentra sobre 144/94, entonces, hable con su médico antes de ser más activo físicamente.

DEMORE EL INICIO DE SER MÁS ACTIVO:

- Si usted no se siente bien a causa de una enfermedad temporal, tal como un resfriado o fiebre, entonces le sugerido es esperar hasta que se recupere por completo o
- Si usted está o puede estar embarazada, hable con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activo.

POR FAVOR: Si un cambio en su salud lo obliga a responder SI a cualquiera de las preguntas, es importante que esta situación se le informe a su médico o entrenador personal. Pregunte si debe modificar su plan de ejercicio o actividad física.

Usa Informado de PAR-Q: La Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio, y sus agentes, no asumen ninguna responsabilidad legal para las personas que realizan ejercicio o actividad física; en caso de duda después de completar este cuestionario, consulte primero a su médico.

No se permiten cambios. Se puede fotocopiar el PAR-Q, únicamente si se emplea todo el formulario.

NOTA: Si se requiere administrar el PAR-Q antes que el participante se incorpore a un programa de ejercicio/actividad física, o se someta a pruebas de aptitud física, esta sección se puede utilizar para propósitos administrativos o legales:

"Yo he leído, entendido y completado el cuestionario. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción."

Nombre: _____

Firma: _____ Fecha: _____

FIRMA DEL PARENTE: _____ TESTIGO: _____
o TUTOR (para participantes menores edad)

NOTA: Este cuestionario es válido hasta un máximo de 12 meses, a partir de la fecha en que se completa. El mismo se invalida si su estado de salud requiere contestar SI en alguna de las siete preguntas.

NOTA: Obtenido de: The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q & YOU, por Canadian Society for Exercise Physiology, 2002. Copyright 2002 por Canadian Society for Exercise Physiology, www.csep.ca/forms. Recuperado de <http://www.csep.ca/cmfiles/publications/parq/par-q.pdf>

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.

Muchas gracias por su colaboración

1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días realizó actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios, hacer aeróbicos o andar rápido en bicicleta?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)	☐
2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
3.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos, o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluya caminar	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)	☐
4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)	☐
6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐

ID	Altura	Edad	Sexo	Fecha / hora del test
hijt-bdnf4	182.4cm	26	Masculino	26.10.2017. 11:10

Análisis de Composición Corporal

		Valor	Agua Corporal Total	Masa Magra	Masa Libre de Grasa	Peso
Agua Corporal Total	(L)	46.5 (41.1~50.3)	46.5	59.7 (52.8~64.6)	63.4 (56.0~68.4)	75.2 (62.2~84.2)
Proteína	(kg)	12.5 (11.1~13.5)	No óseo			
Minerales	(kg)	4.36 (3.81~4.65)				
Masa Grasa Corporal	(kg)	11.8 (8.8~17.6)				

Análisis de Músculo-Grasa

		Bajo		Normal		Alto							
Peso	(kg)	55	70	85	100	115	130	145	160	175	190	205	%
		75.2											
MME	(kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	%
Masa de Músculo Esquelético													
		35.9											
Masa Grasa Corporal	(kg)	40	60	80	100	160	220	280	340	400	460	520	%
		11.8											

Análisis de Obesidad

		Bajo		Normal		Alto						
IMC	(kg/m ²)	10.0	15.0	18.5	22.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0
Índice de Masa Corporal		 22.6										
PGC	(%)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
Porcentaje de Grasa Corporal		 15.7										

Análisis de Masa Magra Segmental Basado en el peso ideal Basado en el peso actual

		Bajo			Normal		Alto					AEC/ACT
Brazo Derecho	(kg)	55	70	85	100	115	130	145	160	175	%	0.377
	(%)											
Brazo Izquierdo	(kg)	55	70	85	100	115	130	145	160	175	%	0.376
	(%)											
Tronco	(kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	%	0.374
	(%)											
Pierna Derecha	(kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	%	0.374
	(%)											
Pierna Izquierda	(kg)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	%	0.376
	(%)											

Análisis de Agua Corporal

	Bajo	Normal	Alto
AEC/ACT	0.320 0.340 0.360 0.380 0.390 0.400 0.410 0.420 0.430 0.440 0.450	0.375	

Historial de Composición Corporal

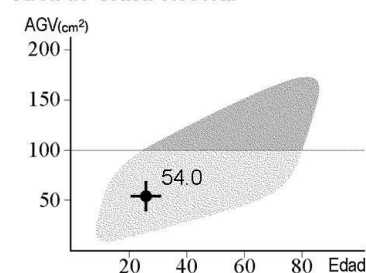
[illegible]

Puntuación InBody

81/100 Puntos

* La puntuación total que refleja la evaluación de la composición corporal. Una persona musculosa puede superar 100 puntos.

Área de Grasa Visceral



Control de Peso

Peso Ideal	74.6 kg
Control de Peso	- 0.6 kg
Control de Grasa	- 0.6 kg
Control de Músculo	0.0 kg

Análisis de Grasa Segmental

Parte del cuerpo	Peso (kg)	Porcentaje
Brazo Derecho	(0.5 kg)	72.7%
Brazo Izquierdo	(0.5 kg)	82.7%
Tronco	(6.3 kg)	135.4%
Pierna Derecha	(1.7 kg)	88.7%
Pierna Izquierda	(1.6 kg)	87.3%

Parámetros de Investigación

Agua Intracelular	29.0 L	(25.6-31.2)
Agua Extracelular	17.5 L	(15.7-19.1)
Tasa Metabólica B��sal	1740 kcal	(1613-1889)
Relación Cintura-Cadera	0.90	(0.80-0.90)
Masa Celular Corporal	41.6 kg	(36.5-44.7)

Código QR para Interpretación de Resultados

Escanee el Código QR para ver la interpretación de los resultados con mayor detalle.



Ángulo de Fase Corporal Total

 $\phi(^{\circ})$ 50 kHz | 6.1 $^{\circ}$

Impedancia

		BD	BI	TR	PD	PI
$\mathbf{Z}(\Omega)$	1 kHz	333.5	349.7	26.2	315.7	325.7
	5 kHz	324.8	341.7	25.3	308.2	318.7
	50 kHz	282.7	298.5	21.3	267.8	278.4
	250 kHz	255.8	270.8	17.2	241.2	251.0
	500 kHz	247.9	262.5	15.6	234.8	244.3
	1000 kHz	243.0	257.6	14.3	230.4	238.3



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
Tel. (646) 175-07-00 Ext. 65504

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A QUIEN CORRESPONDA:

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que deseo participar en la valoración del perfil de bdnf y capacidad funcional en dos protocolos de entrenamiento (HIIT), cuyo objetivo es: identificar el tiempo de producción de bdnf tanto en PAM como en HIIT, considerando las siguientes variables: a) perfil antropométrico y b) perfil de capacidad funcional con el fin de que se establezca un control basal a la sesión de ejercicio. Cabe mencionar que este es un estudio pre-experimental, que se pretende continuar por 1 semana.

Entiendo que se me solicitará lo siguiente:

1. Acudir a la medición antropométrica, donde se valorará su peso corporal, estatura de pie y composición corporal.
2. Acceder a la toma de sangre venosa y capilar pre y post ejercicio.
3. Acudir a la prueba de esfuerzo máximo en las instalaciones de LABIMH para determinar los valores que se aplicarán de manera personalizada durante la sesión de HIIT.
4. Acudir en ayuno de 2 horas a la valoración antropométrica.

Todos los procedimientos mencionados anteriormente serán realizados bajo la supervisión de profesionales especializados, no obstante incluyen posibles riesgos tales como:

1. Incomodidad en la evaluación antropométrica y debido a que en el momento de tomar las mediciones deberá estar en un mínimo de ropa (pants, camiseta y sin calcetines).
2. Durante la aplicación de pruebas de aptitud física modificación de la frecuencia cardíaca y/o presión arterial, taquicardia temporal, presencia de dolor anginoso, fibrilación auricular y/o ventricular y lesión auricular y/o muscular.
3. Incomodidad en toma de muestra de sangre venosa debido a los riesgos y complicaciones que se pueden presentar durante la extracción como son: sensación dolorosa que produce el procedimiento de venopunción al poder presentarse la compresión de algún nervio y formación de hematoma en forma de protuberancia durante o después de la venopunción.

Se me ha informado que tengo la libertad de retirarme de este proyecto en cualquier momento y que puedo solicitar mayor información acerca del estudio, si así lo deseo.

Así mismo, doy mi consentimiento para que los datos emanados de este trabajo puedan ser publicados en medios de divulgación científica, solicitando completa confidencialidad acerca de mi identidad.

DATOS DEL PARTICIPANTE

Nombre _____

DATOS DEL TESTIGO

Nombre _____

IMPACTO DE PRUEBA DE CAMPO COURSE NAVETTE SOBRE LOS NIVELES SÉRICOS DE LACTATO DESHIDROGENASA EN SUJETOS FÍSICAMENTE ACTIVOS

IMPACT OF THE 20-M SHUTTLE TEST RUN ON SERUM LACTATE DEHYDROGENASE LEVELS IN PHYSICALLY ACTIVE MALES

Mendoza MI¹, Niño A1, Franco F², García Wong P², García-Suárez PC², Rentería I², Jiménez-Maldonado A²

¹ Facultad de Medicina, Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

² Facultad de Deportes, Campus Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

Contacto: jimenez.alberto86@uabc.edu.mx

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

La prueba de Course Navette (CN) es una prueba gradual máxima, que permite estimar indirectamente el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) mediante ecuaciones¹. Lactato deshidrogenasa (LDH) es una enzima intracitoplasmática que en condiciones anaerobias cataliza la oxidación de lactato a piruvato para obtener energía a nivel muscular². Varios estudios han indicado a la LDH periférica como un marcador directo de daño muscular^{3,4,5}. Considerando que la prueba de CN requiere un esfuerzo máximo para un resultado válido⁶. Es posible que la CN induzca daño muscular en los participantes.

¿LA ECUACIÓN DE LEGER ES ADECUADA PARA DETERMINAR INDIRECTAMENTE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN LA PRUEBA DE COURSE NAVETTE EN POBLACIÓN MEXICANA? UN ESTUDIO PRELIMINAR

HAS THE LEGER EQUATION VALIDITY TO DETERMINE INDIRECTLY WITH THE 20-M SHUTTLE TEST RUN THE MAXIMAL OXYGEN UPTAKE IN MEXICAN POPULATION? A PRELIMINARY STUDY

García Wong Avilés, P¹, Franco Redona, F¹, García Suárez, PC¹, Rentería I¹, Jiménez Maldonado, A¹

¹ Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California Campus Ensenada.
Contacto: jimenez.alberto86@uabc.edu.mx

RESUMEN

INTRODUCCIÓN:

El consumo máximo de oxígeno (VO₂max) se define como un indicador de la máxima capacidad para obtener oxígeno del aire hacia los músculos y utilizarlo metabólicamente¹. el VO₂max ha sido considerado un parámetro de referencia con respecto al rendimiento físico². Sin embargo, estudios recientes han identificado al VO₂max como un fuerte predictor de enfermedades cardiovasculares. Así como de mortandad por fallas cardíacas³. Por lo anterior, se considera importante conocer el VO₂max de la población con el fin de poder identificar al menos de manera parcial, el riesgo a sufrir enfermedades de tipo cardiovascular³. Existen métodos directos e indirectos para determinar el VO₂max en humanos. Los primeros requieren de equipos complejos y económicamente costosos, mientras que los métodos indirectos consisten en la aplicación de pruebas de campo, y con base en ecuaciones validadas, estiman el VO₂max⁴.

Run Sprint Interval Training Improves Hemodynamic Variables But Does Not Affect Aerobic Capacity And Body Composition In Healthy Males

Patricia Concepción G. Suárez¹, Iván Rentería¹, Priscilla García Wong Avilés¹, Fernanda Franco Redona¹, Luis M. Gómez Miranda², Jorge A. Aburto Corona², Eric P. Plaisance³, Alberto Jiménez Maldonado^{1*}

¹Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico, ²Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico, ³Department of Human Studies, University of Alabama at Birmingham,, United States

Submitted to Journal:
Frontiers in Physiology

Specialty Section:
Exercise Physiology

Article type:
Original Research Article

Manuscript ID:
459472

Received on:
11 Mar 2019

Frontiers website link:
www.frontiersin.org

Anexo 4. Instrumentos utilizados durante la prueba.

