

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
CAMPUS TIJUANA**



**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA
INTENSIDAD (HIIT) SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS EN ADULTOS
SEDENTARIOS**

**Tesis
para obtener el grado de
LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

**PRESENTA:
C. Isaac García Flores**

**Director de Tesis: Dr. Luis Mario Gómez Miranda
Codirector de Tesis: M.Sc. Jorge Alberto Aburto Corona**

Tijuana, Baja California, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

“CAMPUS TIJUANA”

EFFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA
INTENSIDAD (HIIT) SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS EN ADULTOS
SEDENTARIOS

Tesis

Que para obtener el grado:

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

C. Isaac García Flores

COMITÉ DE TESIS

Dr. Luis Mario Gómez Miranda
Presidente

Mtro. Jorge Alberto Aburto Corona
Secretario

Mtra. Melinna Ortiz Ortiz
Vocal

Dr. Iván Rentería
Vocal

Dr. Alberto Jiménez Maldonado
Vocal

Tijuana, Baja California, Noviembre de 2019

Copyright © 2019
Isaac García Flores
Derechos Reservados

Dedicatoria

A Dios por darme la dicha de tener vida, por estar presente en cada momento de mi vida.

A mis padres, Isaac García Castañeda y Norma Araceli Flores Irujo, que me dieron todo lo que necesario para ser una gran persona, por estar conmigo siempre, por su apoyo incondicional, siempre alentándome en todo lo que se me ocurra y por más tonto que parezca por amarme cada día, por ser un ejemplo de superación, humildad, sacrificio y forjarme como una persona de bien en la vida.

Mis hermanos, Pamela García Flores y Brandon García Flores, quienes son también mis amigos, mis confidentes, gracias por darme las cantidades enormes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Agradecimientos

Gracias a la facultad de deportes por abrir sus puertas darme la dicha de conocer esta maravillosa carrera, en ella aprendí, crecí y conocí personas que te dejan grandes aprendizajes.

Al maestro Luis Mario, Aburto, Melina y Juan José por ser más que solo maestros conmigo sino también como otra familia, por apoyarme en este proyecto de mi vida y logras finalizarlo.

Al equipo de trabajo para lograr este proyecto, a los alumnos de servicio profesional “CIMARRONES EN LA CIENCIA” y a las alumnas Guadalupe Martínez y America Espinoza.

A mi mejor amigo por su apoyo incondicional Pablo Emilio Castro López y su familia que siempre tendrá mi eterno agradecimiento y cariño.

A mis amigos por siempre estar presentes en los buenos y malos momentos.

Índice

Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Resumen.....	viii
Abreviaturas.....	x
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Marco Teórico.....	2
1.2 Antecedentes.....	8
1.3 Planteamiento del problema.....	10
1.4 Justificación	10
1.5 Pregunta de investigación	11
1.6 Hipótesis.....	11
1.7 Objetivos	12
Capítulo 2. Metodología	14
2.1 Muestra	15
2.2 Criterios de inclusión.....	15
2.3 Diseño de investigación	16
2.4 Variables	16
2.5 Equipo e instrumentos	21
2.6 Procedimiento	22
2.7 Análisis estadístico	25
Capítulo 3. Resultados	22
3.1 Resultados	23
Capítulo 4. Discusión	37
4.1 Discusión.....	38
Capítulo 5. Conclusión.....	43
5.1 Conclusión	45
Referencias.....	46
Anexos	56
Anexo 1: cuestionario de aptitud física.	57
Anexo 2: carta consentimiento informado	58
Anexo 3: cuestionario internacional de actividad física.....	59

Índice de tablas

Tabla 2. Variables del estudio	21
Tabla 1. Diseño de investigación	16
Tabla 3. Resultados de los participantes ($\bar{X} \pm DE$).....	24
Tabla 4. Resultados de la FC durante las sesiones HIIT ($\bar{X} \pm DE$).....	30
Tabla 5. Resultados de la VFC durante las sesiones HIIT ($\bar{X} \pm DE$).	36

Resumen

Introducción: La falta de tiempo es un factor por lo cual no se realiza actividad física, esto se asocia a problemas de salud como enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Existe evidencia experimental donde se ha atendido la problemática a través de programas de intervención de corta duración presentando efectos positivos en la mejora de la salud. Sin embargo, se necesita más evidencia en la implementación de estos programas para la población en general. **Objetivo:** analizar el efecto de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) sobre marcadores fisiológicos en hombres y mujeres sedentarias aparentemente sanos. **Metodología:** el diseño del presente estudio es pre-experimental. Se reclutaron 20 adultos sedentarios (hombres= 7 y mujeres= 13), con una edad promedio de 33.3 ± 5.2 años, participaron en un programa de HIIT, en banda sin fin, tres sesiones por semana, 16 sesiones totales. Se estimó el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) mediante la prueba 30-15 *Intermittent Fitness Test* (30-15 IFT), frecuencia cardiaca en reposo (FCrep), variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo (VFC) obtenido con un monitor de frecuencia cardíaca (Polar® RS800CX) y la presión arterial de reposo Al inicio (PRE), después de la octava sesión (POST-1) y al finalizar el programa (POST-2). De igual manera se reportó la frecuencia cardiaca pico, recuperación de la frecuencia cardiaca y lactato en sangre entre las sesiones 1,4,8,12 y 16. El entrenamiento HIIT consistió en realizar tres minutos de calentamiento al 40% de su velocidad aeróbica máxima (VAM), cinco intervalos de un minuto (80% VAM) con descansos de un minuto (50% VAM) y cinco minutos de recuperación (40% VAM). La VAM se obtuvo a partir del 30-15 IFT. Mediante el paquete estadístico SPSS® versión 23 se realizó estadística descriptiva para las

variables edad, talla, peso, IMC, VAM, $FC_{\text{máx}}$, temperatura y humedad relativa. Se realizó un ANOVA mixto de dos vías para las variables dependientes $VO_{2\text{máx}}$, FC, PA, VFC, recuperación de la FC y Lactato. De igual manera se determinó el Eta al cuadrado (η^2) para cada efecto principal. **Resultados:** se encontró diferencia significativa en el efecto simple entre mediciones para la VFC en las variables RMSSD ($p=.023$; $\eta^2=.190$) y *Stress Score* (SS) ($p=.011$; $\eta^2=.220$). La FCrep ($p=.001$; $\eta^2=.510$). Para la PA de reposo en la presión sistólica ($p=.001$; $\eta^2=.329$). De igual manera para el $VO_{2\text{máx}}$ ($p=.001$; $\eta^2=.740$). Para la recuperación de la FC se mostraron diferencias significativas en el efecto simple entre mediciones ($p\leq 0.05$). En la medición de lactato en sangre se mostró diferencias significativas en el efecto simple de mediciones ($p=.001$; $\eta^2=.381$). **Conclusión:** La intervención de un programa de 16 sesiones HIIT cuantificado en base a cargas externas es adecuado para la mejora de variables fisiológicas en adultos sedentarios.

Palabras clave: HIIT, sedentarios, Variabilidad de la frecuencia cardiaca y Stress Score.

Abreviaturas

ECNT	Enfermedades crónicas no transmisibles
ECV	Enfermedades cardiovasculares
HIIT	Entrenamiento interválico de alta intensidad
VFC	Variabilidad de la frecuencia cardíaca
RMSSD	Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R
SS	<i>Stress Score</i>
HL	<i>High frequency</i>
LF	<i>Low frequency</i>
LF/HF	<i>Low frequency entre High frequency</i>
SNA	Sistema nervioso autónomo
SNP	Sistema nervioso parasimpático
SNS	Sistema nervioso simpático
FC	Frecuencia cardíaca
PA	Presión arterial
PS	Presión sistólica
PD	Presión Diastólica
FCmáx	Frecuencia cardíaca máxima
FC-pico	Frecuencia cardíaca Pico
FC1	Frecuencia cardíaca al minuto
FC3	Frecuencia cardíaca a los tres minutos
FC5	Frecuencia cardíaca a los cinco minutos
FC15	Frecuencia cardíaca a los 15 minutos
VO₂máx	Consumo máximo de oxígeno
30-15 IFT	30-15 Intermittent Fitness Test
VAM	Velocidad aeróbica máxima
IMC	Índice de masa corporal
lpm	Latidos por minuto
ml/kg/min	Mililitros por kilogramo por minuto
cm	Centímetros

kg	Kilogramos
km/h	Kilómetros por hora
C°	Centígrados
%	Porcentaje
ms	Milisegundos
mmol/l	Milimoles por litro
ANOVA	Análisis de varianza
ln	Logaritmo natural

Capítulo 1. Introducción

1.1 Marco Teórico

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), son aquellas con un desarrollo largo y de lenta evolución que conllevan a grandes problemas de salud dentro de nuestra población, como el síndrome metabólico, obesidad, enfermedades respiratorias o enfermedades cardiovasculares (Galaviz et al., 2016). Son unas de las principales causas de mortalidad a nivel global con una cifra de 71% de muertes por año (GBD, 2015).

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte dentro de las ECNT, se estima que alcance los 23,6 millones de casos en el 2030 (Alissa, 2011). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define estas enfermedades como afectación y alteración en el corazón y en los vasos sanguíneos (OMS, 2008). Las personas que padecen de ECV experimentan una variedad de síntomas que afectan su calidad de vida, como fatiga al realizar actividades básicas, poca tolerancia al realizar ejercicio y dentro de causas severas ataques al corazón y los accidentes vasculares cerebrales que se desencadenan de obstrucciones que impiden el flujo sanguíneo hacia el corazón o el cerebro (Neto et al., 2018). Parte de los factores primordiales de las ECV es la obesidad, dislipidemia, hiperglucemia e hipertensión, que se pueden observar por causas de los aumentos de niveles de resistencia a la insulina. Dichas causas al igual que el estrés oxidativo, contribuyen a la homeostasis vascular debido a un efecto directo sobre la bioequivalencia sobre el flujo sanguíneo (Muniyappa, 2013).

Por otro lado, la falta de actividad física o sedentarismo aumenta los factores de riesgo de mortalidad (Reljic et al., 2018). En México, el Instituto Nacional de

Estadística y Geografía (INEGI) y el Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF), reportaron que sólo el 42.4% de la población realiza actividad física, lo cual más de la mitad de los mexicanos (57.6%) no realiza actividad física en su tiempo libre (Zamora, 2018). El sedentarismo, se define como cualquier actividad con un gasto calórico de ≤ 1.5 unidades metabólicas equivalentes, esto produce y prolonga a una disminución en los niveles de lipoproteínas lipasa y lipoproteínas de alta densidad (HDL-C), y un aumento general de los triglicéridos. Estas alteraciones biológicas aumentan aún más el riesgo de ECV en la población general (Hammam et al., 2019).

Por lo tanto, el crecimiento y reporte de los estudios más recientes ha demostrado, que la actividad física en diferentes poblaciones clínicas tiene efectos positivos; mejorando la calidad de vida, la función muscular, cardiovascular, también mejora la estructura vascular en la función endotelial, reduce los factores de riesgo de ECV y al mismo tiempo reduce la mortalidad general (Ramírez-Vélez et al., 2019). El impacto positivo de la actividad física sobre los factores de riesgo en las ECV, no sé a documentado completamente su papel dentro de la prevención contra la aparición de algunas ECV (Mora et al., 2007). En cambio, se menciona que la actividad física como tratamiento para restablecer la homeostasis vascular, por medio de la mejora en la bioequivalencia sobre el flujo sanguíneo inducida por el esfuerzo de cizallamiento en los vasos sanguíneos, puede ser un mecanismo fundamental, que explica el papel protector de la actividad física contra la aparición de ECV (Joyner, 2009). Por lo cual, la actividad física es recomendada por las principales sociedades cardíacas como parte integral del tratamiento y rehabilitación sobre las ECV (Members et al., 2016).

Las recomendaciones a los adultos con riesgo a ECV, es realizar ejercicios físicos regulares de tipo aeróbico a intensidad moderada (Eckel et al., 2014). Hay pruebas sólidas que demuestran que el ejercicio aeróbico puede beneficiar diferentes factores de riesgo sobre alguna ECV, como la capacidad cardiorrespiratoria baja (Lin et al., 2015), la resistencia a la insulina (Way et al., 2016), el exceso de grasa visceral (Ismail et al., 2012) y la adiposidad ectópica (Sabag et al., 2017).

El entrenamiento interválico de alta intensidad por sus siglas en inglés (HIIT), ha llamado con mayor atención a la comunidad científica como una posible alternativa por su efectividad y corto tiempo ha comparación de los ejercicios físicos aeróbicos tradicionales. El HIIT, consiste en picos repetitivos de ejercicio de alta intensidad, intercaladas con fases de recuperación de ejercicio de baja intensidad; se cree que estimula cambios cardiometabólicos más grandes durante y después del ejercicio físico (Ramos et al., 2015). En vista de esta situación, el HIIT puede ser una estrategia de ejercicio cardiovascular para promover un mayor beneficio en la rehabilitación cardiovascular, por su corta duración entre las sesiones de entrenamiento (17 a 25 minutos), donde la cuantificación de los picos de ejercicio son de alta intensidad (80% a 100%), basado en su frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) o su consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), intercalados con reposo o recuperación activa, lo que permite realizar períodos de alta intensidad (Gaesser, 2011).

Por lo tanto, un programa HIIT puede ser un método eficaz de entrenamiento para reducir el riesgo de ECV en personas con ECNT, ayudando en la restauración de la homeostasis de bioequivalencia vascular (Ramírez et al., 2019). Estas mejoras se miran muy relacionadas con el programa HIIT y los indicadores de reactivación

del sistema nervioso parasimpático (SNP) (Peçanha et al., 2014); esto puede tener importantes implicaciones fisiopatológicas, debido a que la disminución de la actividad del SNP predispone a los individuos afectados a respuestas proinflamatorias exageradas y disfunción endotelial (Libby, 2012).

Los marcadores de la función parasimpática no solo son fuertes predictores de mortalidad (Peçanha, 2014); evidencia preliminar, ha indicado una ventaja de supervivencia para aquellos que mejoraron los marcadores de la función parasimpática con 12 semanas de rehabilitación cardíaca basada en ejercicio aeróbico.

En un metaanálisis donde los criterios de inclusión en los estudios fueron la efectividad de las intervenciones de HIIT en la mejora del riesgo cardiometabólico, la capacidad aeróbica en jóvenes con sobrepeso, niños y adolescentes de 6 a 17 años de edad, la cuantificación del HIIT 64–90% del VO_2 máx o 77–95% de $FC_{máx}$, con una intervención ≥ 4 semanas de duración y con o sin intervención nutricional en el estilo de vida; se concluyó que el HIIT induce adaptaciones más favorables en el sistema cardiovascular central y periférico en comparación con diferentes métodos de entrenamiento tradicional (García-Hermoso et al., 2016).

Mientras, en otro metanálisis donde la inclusión de los estudios fue que los participantes tuvieran ≥ 18 años de edad y que marcaran alguna enfermedad cardiometabólica, la intervención del HIIT a largo plazo > 12 semanas y corto plazo < 12 semanas, con el esfuerzo máximo, $\geq 85\%$ VO_2 máx, $\geq 85\%$ de reserva de frecuencia cardíaca (FC) o la intensidad relativa de al menos 90% de $FC_{máx}$. Los hallazgos encontrados demostraron que el HIIT con aplicación > 12 semanas disminuye significativamente la FC en reposo en poblaciones con sobrepeso u

obesidad y no en HIIT <12 semanas. Esta disminución de la FC en reposo después de un HIIT >12 semanas se puede interpretar por la mejora de la función autónoma cardíaca a través de la modulación de los barorreflejos por el nódulo sinauricular (Batacan et al., 2017).

Varias fuentes de evidencia sugieren que la práctica de ejercicio físico tiene una relación inversa con la mortalidad prematura; el desarrollo de ECV y prevención de principales factores de riesgo en ECNT. Esta relación se produce debido a cambios neurohumorales, vasculares y estructurales en el sistema cardiovascular. Las adaptaciones neuronales al ejercicio físico aeróbico, como la disminución de la simulación cardíaca y el aumento de la modulación parasimpática en reposo, son factores cardioprotectores importantes, ya que la hiperactividad simpática es una parte integral de la fisiopatología de diversas enfermedades cardíacas (ACSM, 2012).

Por lo tanto, se ha utilizado la evaluación con fines clínicos, el control autonómico sobre medidas indirectas como la FC y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), esto con el fin de proporcionar las adaptaciones neuronales al ejercicio físico (Santos-Hiss et al., 2011). La evaluación VFC se ha aplicado ampliamente como un método no invasivo que mide el tiempo entre latido a latido la actividad eléctrica del corazón esto con el fin de evaluar la salud cardiovascular. La VFC está relacionada con diversas ECV y ECNT (Thayer et al., 2010).

La VFC puede evaluarse analizando sus dos dominios: tiempo y frecuencia. El dominio del tiempo se utiliza para calcular el número entre latido y latido del corazón en cualquier punto. El dominio de la frecuencia se utiliza a menudo para evaluar las respuestas cardíacas autónomas (Camm et al., 1996). La correcta interpretación de

la VFC nos permite observar el comportamiento del SNA existiendo diversos métodos lineales de medición para su correcta interpretación. De igual manera la VFC se ha utilizado como una herramienta para evaluar los índices de estrés o fatiga en atletas (Schmitt et al., 2015). La variable sugerida para analizar y observar el comportamiento del SNA es el índice de dominio tiempo RMSSD (raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los intervalos RR) medido durante grabaciones cortas (5 min), esta variable nos puede mostrar el comportamiento directo del SNP (Buchheit, 2014). Por otro lado, existe una nueva variable propuesta por Orellana et al. (2015), llamada *stress score* (SS), la cual proporciona valores directos sobre el comportamiento del SNS.

La reducción de la FC y VFC en reposo es un indicador sensible de insuficiencia autonómica cardíaca y se asocia con un mayor riesgo de morbilidad y por ECV. Esta condición se produce debido al predominio de la actividad del SNP, por lo tanto, mejora la sobrecarga cardíaca o la reducción de la modulación parasimpática cardíaca. Por ende, se deben investigar las intervenciones para aumentar la VFC, es decir, el incremento de la modulación parasimpática en reposo (Vanderlei et al., 2009). En vista de esta situación, el HIIT puede ser una estrategia de ejercicio cardiovascular para promover un mayor beneficio en la rehabilitación en ECV. Además, los períodos de alta intensidad en el HIIT estimulan más las adaptaciones cardiovasculares, musculares en cardiopatía y el aumento de la capacidad de ejercicio (Ciolac, 2012).

Hay evidencia que el HIIT es un programa de entrenamiento prometedor para mejorar la VFC, favoreciendo el aumento de la modulación parasimpática en reposo, estas adaptaciones representan reducciones del riesgo cardiovascular y la

mortalidad general en la rehabilitación cardiovascular, así como la prevención en el desarrollo de ECV.

1.2 Antecedentes

de Abreu et al. (2019), realizaron una revisión sistemática para evaluar los efectos del programa HIIT sobre el SNA medido de manera indirecta por los índices representados en la VFC. Los autores reportaron y analizaron en total seis artículos. En general, los resultados arrojados por los diversos estudios mostraron una mejora en la modulación del SNP y el SNS después de la intervención de un programa HIIT, evaluando índices lineales y no lineales de la VFC. Como conclusión el HIIT es una herramienta eficaz sobre individuos sanos y pacientes con síndrome metabólico en la mejora del SNA medido a través de la VFC.

Alansare et al. (2018), realizaron un estudio piloto de intervención comparando el efecto de dos programas, HIIT a corto plazo y el entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT) sobre la VFC en adultos físicamente inactivos. Tuvieron la participación de trece sujetos y fueron asignados aleatoriamente a los programas; HIIT (N=7) y MICT (N=6). El periodo de intervención de ambos programas fue de cuatro sesiones por semana durante dos semanas. Se utilizó cicloergómetro en ambos programas. El HIIT tenía como duración por sesión 20 minutos y se trabajaba una intensidad de $\geq 90\%$ de la $FC_{\text{máx}}$. El MICT tenía una duración de 40 minutos de trabajo continuo a una intensidad del 60-75% de su $FC_{\text{máx}}$. Como resultados arrojados el número de intervalo RR e intervalo entre latidos mejoró significativamente ($p < 0.05$) en los programas HIIT y MICT y una

diferencia significativa sobre la relación $\ln LF / \ln HF$ únicamente en el grupo HIIT. Los autores concluyeron que un programa HIIT puede ser un método efectivo en el tiempo para mejorar la VFC.

Van et al. (2018), realizaron un estudio cuyo objetivo fue investigar el impacto de tres programas de ejercicio isocalórico sobre el funcionamiento del SNA a través de la VFC en niños con una edad promedio de 10-13 años. Fueron asignados 109 niños de manera conveniente a 1 de 4 grupos; en un programa MICT ($n=29$), donde se trabajó un pico de trabajo al 70% de su $FC_{\text{máx}}$, el programa HIIT ($n=29$) los picos de trabajo se trabajaron a una intensidad de 80% de su $FC_{\text{máx}}$, un programa de sesiones alternas HIIT-MICT ($n=27$) y un grupo control ($n=24$). Como resultados obtenidos fue la diferencia significativa en $\ln SDNN$ al igual para $\ln RMSSD$ para HIIT y MICT, sin embargo, se encontró un mayor tamaño del efecto sobre el grupo de HIIT. Los autores concluyen que el HIIT corto plazo en niños, tiene una mayor influencia sobre el SNA en comparación con los grupos MICT y HIIT-MICT.

Ghardashi et al. (2018), realizaron un estudio de intervención en sujetos con injerto de revascularización coronaria, como objetivo fue evaluar el efecto del HIIT y el MICT sobre la VFC. La intervención fue de 42 hombres aleatorizados a los programas y un grupo control. El HIIT consistía en un intervalo de dos minutos al 85%-95% de su $FC_{\text{máx}}$ y el MICT un intervalo de 40 minutos al 70% de su $FC_{\text{máx}}$, el tiempo de intervención fueron seis semanas, tres sesiones por semana. Como resultados, hubo un aumento significativo en las variables $RMSSD$ y $SDNN$ del grupo HIIT en comparación con el MICT. Como conclusión de este estudio sugieren que el HIIT tiene un mayor efecto sobre la VFC a comparación con el MICT en pacientes con injerto de revascularización coronaria.

1.3 Planteamiento del problema

En México de 2013 a 2017 la INEGI y MOPRADEF, declaran que las principales razones por lo cual el 57.6% de la población que no realiza actividad física o quienes realizaban y lo abandonaron son por falta de tiempo y cansancio por actividades laborales. Por lo tanto, la falta de actividad física en nuestra población puede tender a un mayor aumento en la obesidad y por ende adquirir ECNT.

El HIIT ha sido durante mucho tiempo una estrategia de entrenamiento para atletas, muy eficaz por su corta duración y alta exigencia para estimular adaptaciones fisiológicas que conducen a una mejora del rendimiento físico. Por otro lado, en población general (sedentarios) la alta exigencia en un programa HIIT puede llegar a ser un riesgo, esto debido a una incorrecta cuantificación de cargas de entrenamiento y una mala periodización de recuperación, llevando esto a una sobregarga de entrenamiento, causando lesiones musculares o riesgos cardíacos (Roy, 2013).

Por otro parte, estudios han reportado diversas estrategias de cuantificación del HIIT basado en cargas internas (80% a 100% de su $FC_{m\acute{a}x}$ o $Vo_{2m\acute{a}x}$), generando poca validez y aplicación para la población, existe muy poca evidencia sobre la efectividad sobre la cuantificación del HIIT en base a cargas externas (capacidad física).

1.4 Justificación

Los resultados de este estudio permitirán demostrar la importancia de la realización de actividad física en la mejora de la salud y el impacto en la calidad de

vida en la población sedentaria sobre la realización de un programa HIIT cuantificado en base a cargas externas en la mejora de variables fisiológicas.

De igual manera, la cuantificación del HIIT en base a la capacidad física, puede ser un método más viable a comparación con la cuantificación de cargas fisiológicas o los métodos de entrenamiento tradicionales y larga duración.

Se podrá demostrar de igual manera, que, el HIIT, puede llegar a ser apto a esta población sin generar altos niveles de estrés, llegar a una sobrecarga o lesiones musculares por sus altos picos de entrenamiento.

1.5 Pregunta de investigación

¿Existen diferencias significativas en la VFC en reposo, frecuencia cardíaca en reposo (FCrep), presión arterial (PA), VO_2 máx, recuperación de la FC y lactato mediante seis semanas (16 sesiones) de ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) en adultos sedentarios?

1.6 Hipótesis

Hi: si existen diferencias significativas en las variables fisiológicas (VFC en reposo, FCrep, PA de reposo, VO_2 máx, recuperación de la FC y niveles de lactato en sangre) después de un programa seis semanas de entrenamiento interválico a alta intensidad.

1.7 Objetivos

Objetivo General

- Determinar si un programa de entrenamiento HIIT genera efectos sobre marcadores fisiológicos en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sano.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre la actividad cardíaca a través de la valoración de la VFC en reposo (RMSSD y *stress score*) en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sanos.
- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre la FCrep en hombres y mujeres aparentemente sanos.
- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre la PA de reposo en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sanos.
- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre el VO₂máx (estimado mediante la prueba 30-15 *Intermittent Fitness Test* (30-15 IFT)) en hombres y mujeres aparentemente sanos.
- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre la recuperación de la frecuencia cardíaca en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sanos.
- Determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT sobre los niveles de lactato en sangre en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sanos.

- Determinar el comportamiento de los niveles de la VFC (RMSSD y SS) durante las sesiones de un programa de entrenamiento HIIT en hombres y mujeres sedentarios aparentemente sanos.

Capítulo 2. Metodología

2.1 Muestra

Se reclutaron voluntariamente 20 adultos (7 hombres y 13 mujeres) sedentarios (Donnelly et al., 2009; Garber et al., 2011) y aparentemente sanos. Los sujetos de estudio pertenecían a la planta docente y administrativa de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Tijuana (Baja California, México). Todos los sujetos tenían que ser sedentarios y no inscribirse en ningún programa de actividad física durante la realización de este estudio, no haber padecido enfermedades cardiovasculares o alguna otra que afectara su salud, no consumir medicamentos y no ser fumadores. Los sujetos antes de comenzar con el programa llenaron un formulario de actitud física (PAR-Q) (anexo 1) (Thomas et al., 1992), firmaron una carta de consentimiento informado, donde se les explicaba en qué consistía el programa (anexo 2) y llenaron un cuestionario para determinar el nivel de actividad física (IPAQ) (anexo 3) (Hallal, 2004).

2.2 Criterios de inclusión

- Sujetos sedentarios determinado según el cuestionario sobre nivel de actividad física (IPAQ).
- Que fueran aptos para el programa mediante cuestionario de preparación para la actividad física (PAR-Q).
- Mantener su estilo de vida habitual durante todo el programa (no cambios en la dieta y la actividad física diaria).
- No presentar alguna patología cardíaca.

2.3 Diseño de investigación

El diseño de este estudio es pre-experimental, se tiene un grupo experimental, se realizarán mediciones previas (PRE), enseguida se aplicará un tratamiento (HIIT), a la mitad del tratamiento se volverán a realizar mediciones (POST-1) y se continuara con el tratamiento. Finalizando el tratamiento se realizarán las mediciones finales (POST-2). El análisis estadístico que se realizará será una ANOVA de medidas repetidas (tabla 1).

Tabla 1. Diseño de investigación

Grupo	Medición	Tratamiento	Medición	Tratamiento	Medición
G1	O	X	O	X	O

2.4 Variables

Este estudio cuenta con una variable independiente y ocho dependientes (tabla 2). Además, se reportan variables que no pudieron ser controladas, por ejemplo: temperatura ambiente (°C) y humedad relativa (%).

Tabla 2. Variables del estudio

Variable independiente	Variables Dependientes
Programa HIIT	VFC en reposo
	FCrep
	PA de reposo
	VO ₂ máx
	Frecuencia cardíaca inicio al HIIT (FC-inicio)
	Frecuencia cardíaca pico (FC-pico)
	Recuperación de la frecuencia cardíaca
	Niveles de lactato en sangre

2.5 Equipo e instrumentos

1. Monitor de frecuencia cardíaca (Polar® RS800CX). Validado para la medición de VFC (Montaño et al., 2017). Este instrumento se utilizó para determinar su FC_{máx} durante una prueba máxima (30-15 IFT) y para monitorizar la FC y la VFC antes, durante y después de cada sesión HIIT.
2. Monitor de presión arterial (SunTech Medical® Tango M2). Este instrumento se utilizó para obtener la presión arterial en reposo.
3. Lactómetro portátil (Nova biomedical®). Este instrumento se utilizó para obtener el nivel de lactato en sangre al finalizar la sesión HIIT.
4. Báscula de bio-impedancia (Inbody® 770). Se utilizó para obtener el peso de los sujetos.
5. Estadiómetro (BSM® 170). Para obtener estatura.

6. Banda sin fin (COSMED Pulmonary Function Equipment® T170). Este equipo se utilizó para realizar el protocolo HIIT.
7. Software para almacenar información del monitor de frecuencia cardíaca (Polar ProTrainer 5™). Este software se utilizó para guardar los registros de VFC.
8. Software para interpretación de la VFC (Kubios® *HRV standard* versión 3.3). Este software se utilizó para obtener e interpretar los datos de la VFC.

2.6 Procedimiento

Se acudió a la Facultad de Deportes solicitando el permiso e invitación al personal docente y administrativo que cumpliera con los criterios de inclusión al programa.

Los participantes acudieron al laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana, de la Facultad de Deportes, para explicar el objetivo y procedimientos del estudio, el llenado de los cuestionarios, firma de la carta de consentimiento informado y posteriormente toma de mediciones basales (PRE).

Los participantes recibieron instrucciones de presentarse en ayuno, bien hidratados, haber tenido un buen sueño nocturno con un mínimo de ocho horas y no haber realizado actividad física vigorosa las últimas 24 horas. Para la medición de FC y VFC se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca marca Polar® RS800CX, los participantes se colocaron acostados en posición supina durante cinco minutos, evitando realizar movimientos y hablar para poder llegar a un mayor estado de relajación, con estas mismas indicaciones, se tomó un registro de 5 minutos de la VFC en reposo, todos estos lineamientos de medición fueron de acuerdo con la Task Force (1996). Una vez obtenido los resultados, los registros se guardaban en el software Polar ProTrainer 5™ y se analizaban en el software Kubios® *HRV*

standard (ver. 3.3), donde se depuraban y realizaban filtros (*very low*) en los datos para eliminar ruidos o anomalías, lo cual, es recomendado ya que hasta este nivel no se ven afectados los datos (Aranda et al., 2017). Al término de la medición de FC y VFC se les midió la PA en posición sentada, con el brazo izquierdo extendido, sobre la arteria braquial, la cual fue valorada con un monitor marca SunTech Medical® Tango M2. Se tomó el peso en kg con una báscula de bio-impedancia (Inbody® 770) y la estatura en cm con un estadiómetro digital marca BSM modelo 170.

Al finalizar las mediciones se aplicaba la prueba en campo 30-15 IFT (Buchheit, 2010), la cual se realizó en la pista de atletismo con superficie de tartán de la Facultad de Deportes. Dicha prueba consiste en realizar un trote de 30 segundos de trabajo continuo en un trazado de 40m ida y vuelta al termino de los 30 segundos de trabajo prosigue un periodo de 15 segundos de recuperación activa, la prueba inicia con una velocidad de 8 k/h y va en aumentando 0.5 k/h de velocidad por cada nivel. La prueba finalizaba cuando los sujetos llegaban a un esfuerzo máximo por FC, de acuerdo a la $FC_{m\acute{a}x}$ Teórica ($\geq 95\%$). Estas mediciones se repitieron en dos ocasiones, al finalizar la octava (POST-1) y 16va sesión (POST-2).

Al obtener las mediciones iniciales se llevó a cabo el programa HIIT de 16 sesiones, con una recuperación de 48 horas entre cada ellas, es decir tres sesiones por semana. El programa HIIT se describe en la figura 1, consistió en 5 intervalos de un minuto de trabajo al 80% (VAM) y 4 de descanso de un minuto al 50% (VAM); se iniciaba con un calentamiento de 3 minutos y se finalizaba con una recuperación de 5 minutos al 40% (VAM), el diseño del HIIT fueron basados en el estudio de Reljic, (2018). Al finalizar 8va sesión, los intervalos de alta intensidad aumentaron

al 90% (VAM). Todos los porcentajes de carga fueron cuantificados en base al resultado de la prueba 30-15 IFT (Arazi et al., 2017).

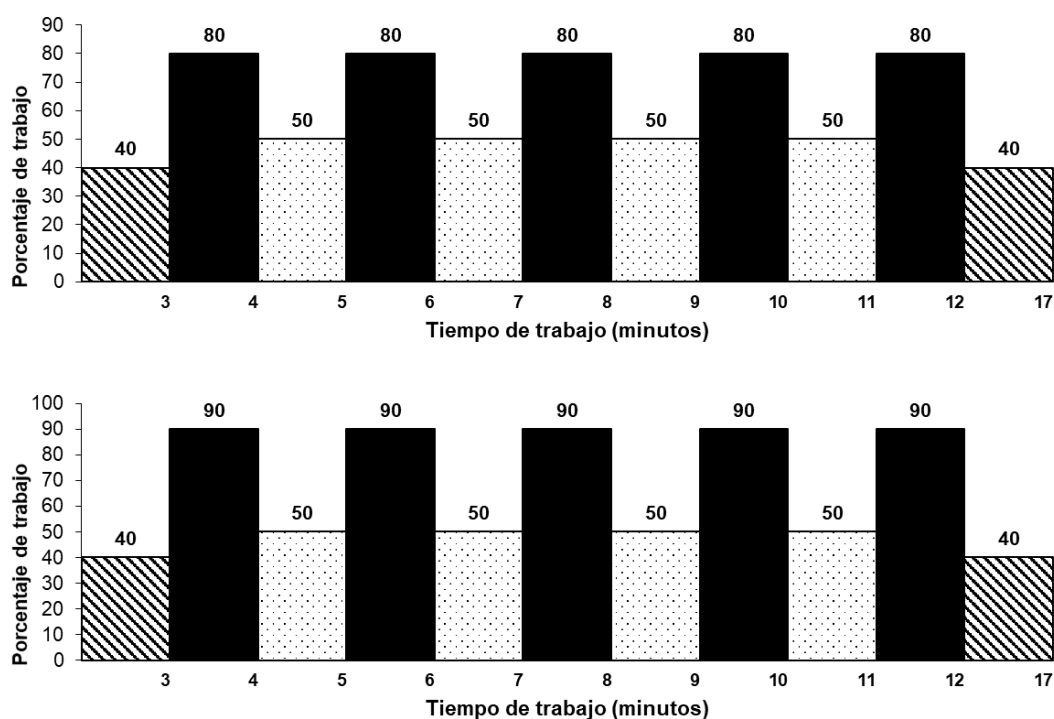


Figura 1. Protocolo HIIT

Durante las sesiones 1, 4, 8, 12 y 16, se midió la FC y VFC inicial del HIIT; al finalizar la última carga de trabajo, se tomó la FC pico (FC-pico) y de recuperación activa a los minutos 1, 3 y 5 (FC₁, FC₃ y FC₅). Diez minutos después de finalizar la recuperación activa, se tomó la FC de recuperación pasiva (FC₁₅). Durante las mismas sesiones, al finalizar el ultimo intervalo de alta intensidad, se midió la concentración de lactato en sangre, con un lactómetro portátil (Nova Biomedical®); la muestra de sangre se obtuvo utilizando un dispositivo de punción sobre la yema en el dedo anular de la mano izquierda. Cabe mencionar que las sesiones se realizaron a una temperatura 20.9 ± 2.6 °C y 49.8 ± 7.1 de humedad relativa.

2.7 Análisis estadístico

Mediante el paquete estadístico SPSS® versión 23 se realizó estadística descriptiva para las variables de edad, talla, peso, IMC, VAM, FC_{máx}, temperatura y humedad relativa. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas para las variables dependientes VO₂máx, FCrep, PS, PD, RMSSD, SS, FC inicio, FC pico, recuperación de la FC y Lactato. Se utilizó un nivel de confianza, a priori, ($p \leq .05$). De igual manera se determinó el Eta al cuadrado (η^2) para cada efecto principal (Hopkins et al., 2009).

Capítulo 3. Resultados

3.1 Resultados

En el estudio participaron 20 sujetos sedentarios (edad 33.3 ± 5.2 años, talla 167.7 ± 8.9 cm, peso 81.1 ± 16.3 kg, IMC 28.7 ± 4.3 kg/m², VAM 14.0 ± 1.4 km/h, FC_{máx} 185.6 ± 9.6 lpm), quienes cumplieron con los requisitos de inclusión y participaron en las 16 sesiones HIIT.

En base a un ANOVA, no se encontró diferencia significativa en la interacción entre género y mediciones para la VFC en las variables RMSSD ($p = .496$) y SS ($p = .830$). Sin embargo, se encontró diferencias significativas en el efecto simple de mediciones RMSSD (62.5 ms [IC 95% = $43.2 - 81.8$ ms] $p = .023$; $\eta^2 = .190$) y SS (17.6 ms [IC 95% = $13.4 - 21.8$ ms] $p = .011$; $\eta^2 = .220$).

Para la FCrep tampoco se encontró diferencias en la interacción género y mediciones ($p = .539$), sin embargo, si se encontraron diferencias en el efecto simple de mediciones (61.5 lpm [IC 95% = $57.3 - 65.7$ lpm] $p = .001$; $\eta^2 = .510$).

Para la PS y PD de reposo, no hubo diferencias en la interacción género y mediciones ($p > .05$). No se encontraron diferencias en el efecto simple de mediciones en la PD ($p = .115$), pero si en la PS (120.7 mm/Hg [IC 95% = $116.9 - 124.5$ mm/Hg] $p = .001$; $\eta^2 = .329$).

En el VO₂máx tampoco se encontró diferencia significativa en la interacción entre género y mediciones ($p = .146$), sin embargo, se encontró diferencia significativa en el efecto simple en las mediciones (41.8 ml/kg/min [IC 95% = $39.8 - 43.8$ ml/kg/min] $p = .001$; $\eta^2 = .740$).

Estos resultados indican que tanto hombres y mujeres obtuvieron un cambio sobre las variables fisiológicas (VFC en reposo, FCrep, PA y VO₂máx) conforme fueron transcurriendo las sesiones del programa HIIT (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de los participantes ($\bar{X} \pm DE$).

Variables	PRE^A	POST-1^B	POST-2^C	p=	η²
RMSSD (ms)	54.8 ± 42.0 ^C	60.1 ± 31.0	70.9 ± 45.9 ^A	.023	.190
SS (ms)	20.4 ± 8.4 ^B	17.1 ± 8.1 ^A	16.8 ± 10.1	.011	.220
FCrep (lpm)	65.8 ± 9.9 ^{BC}	60.3 ± 8.2 ^A	60.4 ± 8.5 ^A	.001	.510
PS (mm/Hg)	122.8 ± 12.2 ^C	120.7 ± 8.7 ^C	115.5 ± 7.1 ^{AB}	.001	.329
PD (mm/Hg)	74.2 ± 10.1	73.5 ± 11.6	71.2 ± 7.6	.151	.329
VO₂máx (ml/kg/min)	38.9 ± 4.5 ^{BC}	41.0 ± 4.8 ^{AC}	42.9 ± 5.5 ^{AB}	.001	.740

Nota: Diferencia significativa $p \leq 0.05$ (^{ABC}).

En el análisis estadístico para la VFC en reposo se encontraron diferencias significativas entre las mediciones para RMSSD (PRE = 54.8 ± 42.0 ms, POST-2 = 70.9 ± 45.9 ms; $p = .010$) (figura 2) y para la variable SS (PRE = 20.4 ± 8.4 ms, POST-1 = 17.1 ± 8.1 ms; $p = .017$) (figura 3).

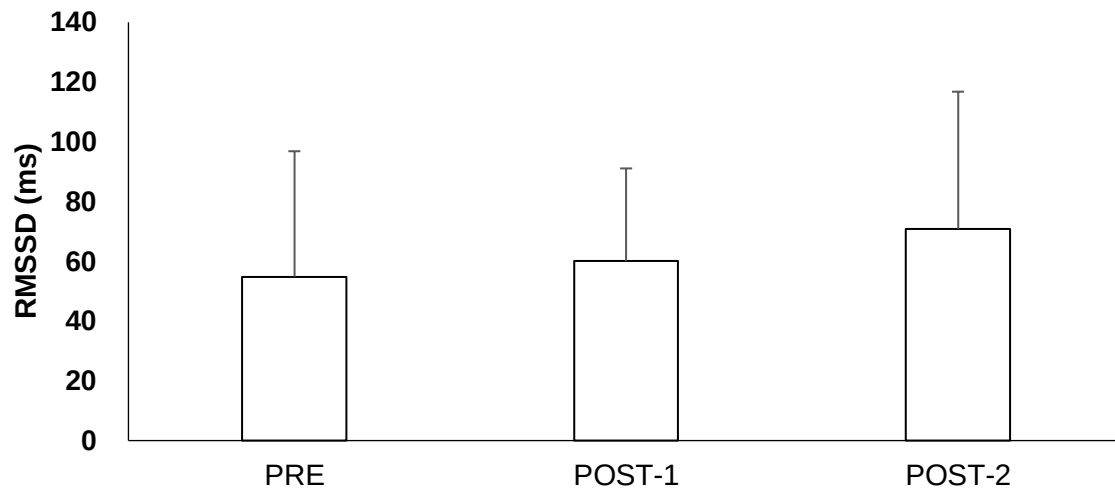


Figura 2. Diferencia significativa entre las mediciones (PRE < POST-2; $p < 0.05$).

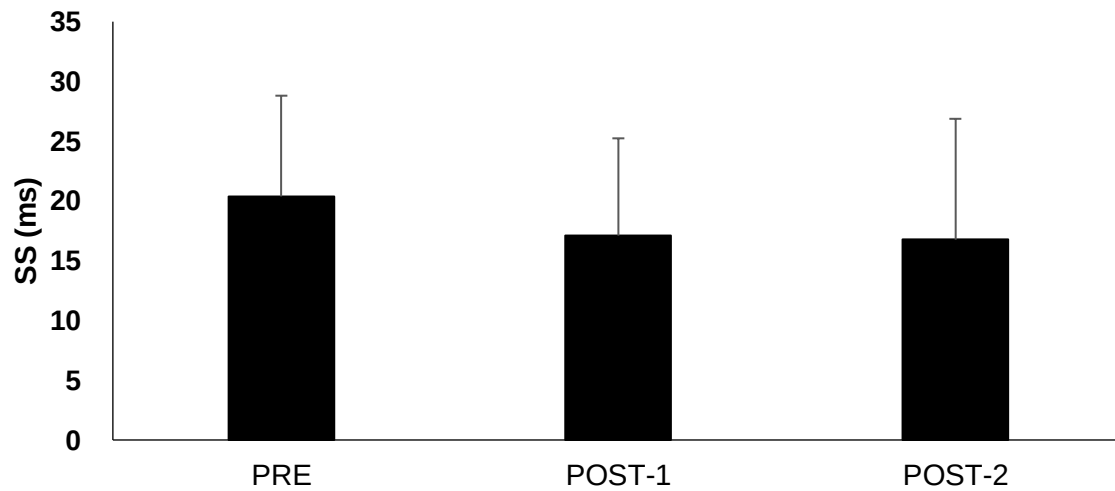


Figura 3. Diferencia significativa entre las mediciones (PRE > POST-1; $p < 0.05$).

Para la FCrep se encontraron diferencias entre las mediciones (PRE = 65.3 ± 9.9 lpm, POST-1 = 60.3 ± 8.2 lpm; $p = .001$), (PRE = 65.3 ± 9.9 lpm, POST-2 = 60.4 ± 8.5 lpm; $p = .001$) (figura 4).

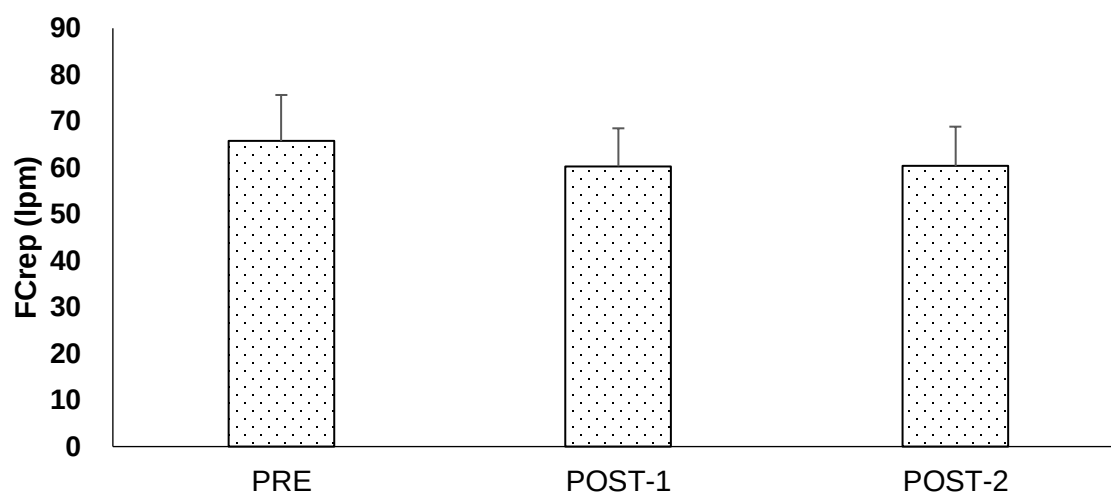


Figura 4. Diferencia significativa entre las mediciones (PRE > POST-1, PRE > POST-2; $p \leq 0.05$).

Se encontró diferencias significativas entre las mediciones para la PS (PRE = 122.8 ± 12.2 mm/Hg, POST-2 = 115.5 ± 7.1 mm/Hg; $p = .003$), (POST-1 = 120.6 ± 8.7 mm/Hg, POST-2 = 115.7 ± 7.1 mm/Hg; $p = .001$) (figura 5).

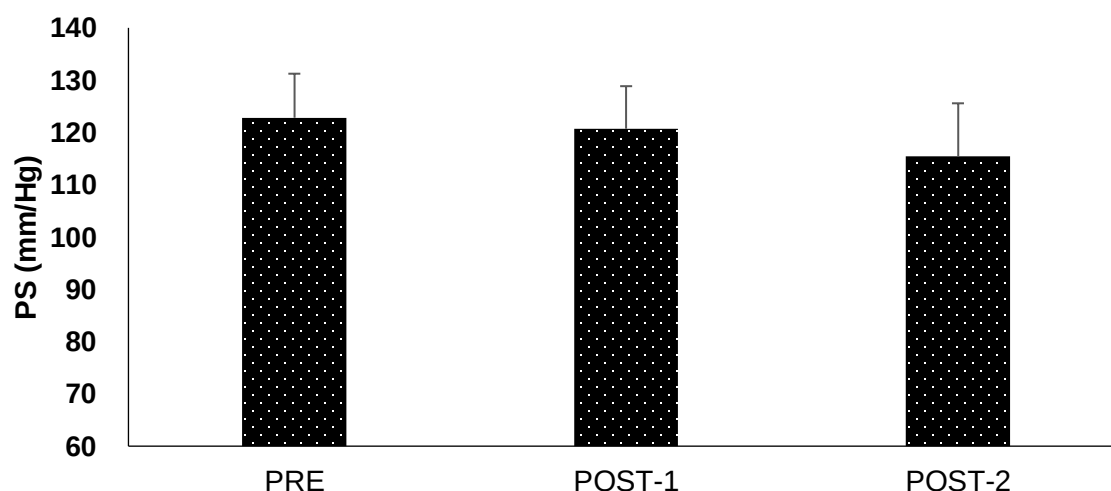


Figura 5. Diferencia significativa entre las mediciones (PRE > POST-2; $p \leq 0.05$).

De igual manera se encontró una diferencia entre las mediciones para VO_2 máx (PRE = 38.9 ± 4.5 ml/kg/min, POST-1 = 41.0 ± 4.8 ml/kg/min; $p = .001$), (PRE = 38.9

± 4.5 ml/kg/min, POST-2 = 42.9 ± 5.5 ml/kg/min; $p = .001$), (POST-1 = 41.0 ± 4.8 ml/kg/min, POST-2 = 42.9 ± 5.5 ml/kg/min; $p = .001$) (figura 6).

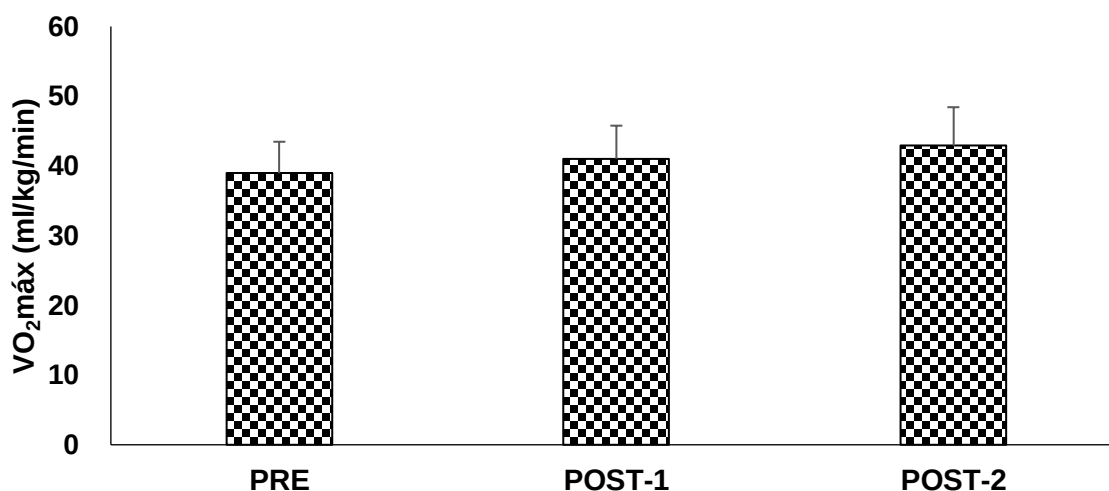


Figura 6. Diferencia significativa entre las mediciones (PRE < POST-1, PRE < POST-2, POST-1 < POST-2; $p < 0.05$).

En base a un ANOVA para la FC durante las sesiones, en la FC-inicio no hubo diferencia significativa en la interacción género y mediciones ($p = .076$), sin embargo hubo diferencia significativa en el efecto simple en las mediciones (62.1 lpm [IC 95% = 58.0 - 66.2 lpm]; $p = .001$; $\eta^2 = .260$) para la FC-pico tampoco mostró diferencia significativa en la interacción género y mediciones ($p = .604$) pero se mostró una diferencia significativa en el efecto simple de mediciones (173.8 lpm [IC 95% = 169.0 - 178.6 lpm] $p = .001$; $\eta^2 = .263$).

En el análisis estadístico para la recuperación de la FC, no se encontraron diferencias significativas en la interacción género y mediciones, FC₁, ($p = .987$); FC₃, ($p = .953$); FC₅, ($p = .833$) y FC₁₅, ($p = .305$). Sin embargo, se encontró diferencias significativas en el efecto simple de mediciones, FC₁, (150.5 lpm [IC 95% = 143.8 - 157.1 lpm] $p = .008$; $\eta^2 = .172$), para FC₃ mostró una significancia en el efecto simple de mediciones (131.7 lpm [IC 95% = 126.0 - 137.3 lpm] $p = .001$; $\eta^2 = .349$), en la FC₅

mostro diferencia significativa en el efecto simple (128.4 lpm [IC 95% = 123.4 - 133.4 lpm] $p = .001$; $\eta^2 = .446$) y para la FC_{15} de igual manera se mostró una significancia en el efecto simple de mediciones (91.3 lpm [IC 95% = 87.3 - 95.3 lpm] $p = .001$; $\eta^2 = .253$).

Para el lactato, tampoco mostró una diferencia en la interacción género y mediciones ($p = .831$), pero si hubo diferencias en el efecto simple de mediciones (7.8 mmol/L [IC 95% = 6.9 - 8.6 mmol/L] $p = .001$; $\eta^2 = .381$) (tabla 4).

Estos resultados indican que hombres y mujeres fueron obteniendo adaptaciones en la FC y el lactato durante las sesiones del HIIT.

Tabla 4. Resultados de la FC durante las sesiones HIIT ($\bar{X} \pm DE$).

Variables	Sesión 1^A	Sesión 4^B	Sesión 8^C	Sesión 12^D	Sesión 16^E	p=	η^2
FC-inicio (lpm)	67.8 $\pm$ 10.5 ^{CDE}	62.6 $\pm$ 9.0	61.4 $\pm$ 8.7 ^A	62.0 $\pm$ 10.3 ^A	60.1 $\pm$ 8.3 ^A	.001*	.260
FC-pico (lpm)	179.1 $\pm$ 11.7 ^{BC}	172.9 $\pm$ 12.4 ^A	170.4 $\pm$ 9.8 ^A	175.3 $\pm$ 8.7	173.8 $\pm$ 11.4	.001*	.263
FC₁ (lpm)	156.8 $\pm$ 14.9 ^C	150.6 $\pm$ 15.3	148.3 $\pm$ 10.8 ^A	148.9 $\pm$ 14.7	149.6 $\pm$ 17.2	.008*	.172
FC₃ (lpm)	137.5 $\pm$ 11.3 ^{CDE}	132.5 $\pm$ 12.7	129.3 $\pm$ 11.3 ^A	130.9 $\pm$ 11.0 ^A	129.1 $\pm$ 13.1 ^A	.001*	.349
FC₅ (lpm)	135.2 $\pm$ 11.0 ^{BCDE}	129.9 $\pm$ 11.7 ^A	126.4 $\pm$ 10.0 ^A	127.4 $\pm$ 9.9 ^A	124.5 $\pm$ 11.3 ^A	.001*	.446
FC₁₅ (lpm)	95.5 $\pm$ 8.2 ^{CD}	90.2 $\pm$ 9.0	87.9 $\pm$ 8.6 ^A	91.0 $\pm$ 8.8 ^A	90.9 $\pm$ 10.2	.001*	.253
lactato (mmol/L)	8.2 $\pm$ 2.2 ^{BC}	6.9 $\pm$ 1.9 ^A	6.5 $\pm$ 1.9 ^A	8.6 $\pm$ 2.0	8.0 $\pm$ 2.3	.001*	.381

Nota: Diferencia significativa $p \leq 0.05$ (^{ABCDE}).

De igual manera se mostraron diferencias significativas entre las mediciones en la FC-inicio (Sesión 1 = 67.8 ± 10.5 lpm, Sesión 8 = 61.4 ± 8.7 lpm; $p = .001$), (Sesión 1 = 67.8 ± 10.5 lpm, Sesión 12 = 62.0 ± 10.3 lpm; $p = .027$) y (Sesión 1 = 67.8 ± 10.5 lpm, Sesión 16 = 60.1 ± 8.3 lpm; $p = .002$) (figura 7).

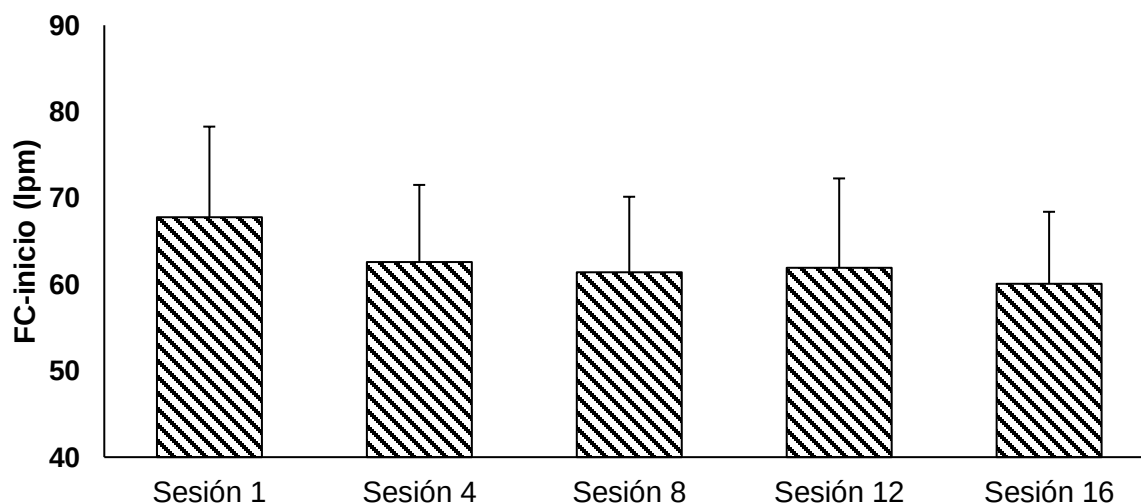


Figura 7. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 8, Sesión 1 > Sesión 12, Sesión 1 > Sesión 16; $p \leq 0.05$).

En la FC-pico mostró diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 = 179.1 ± 11.7 lpm, Sesión 4 = 172.9 ± 12.4 lpm; $p = .024$) y (Sesión 1 = 179.1 ± 11.7 lpm, Sesión 8 = 170.4 ± 9.8 lpm; $p = .002$) (figura 8).

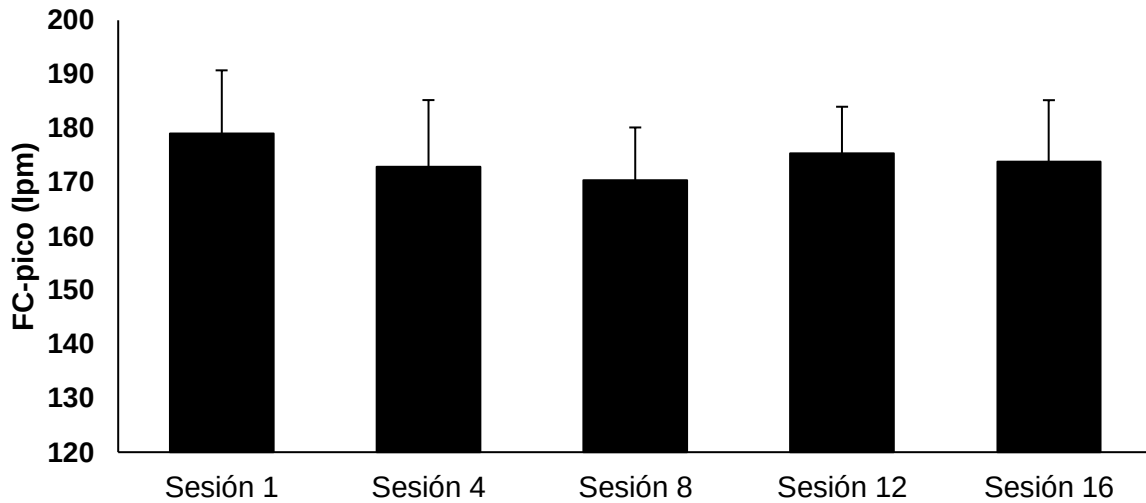


Figura 8. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 4, Sesión 1 > Sesión 8; $p \leq 0.05$).

De igual manera se mostró diferencia significativa entre las mediciones para la FC_1 (Sesión 1 = 156.8 ± 14.9 lpm, Sesión 8 = 148.3 ± 10.8 lpm; $p = .024$) (figura 9).

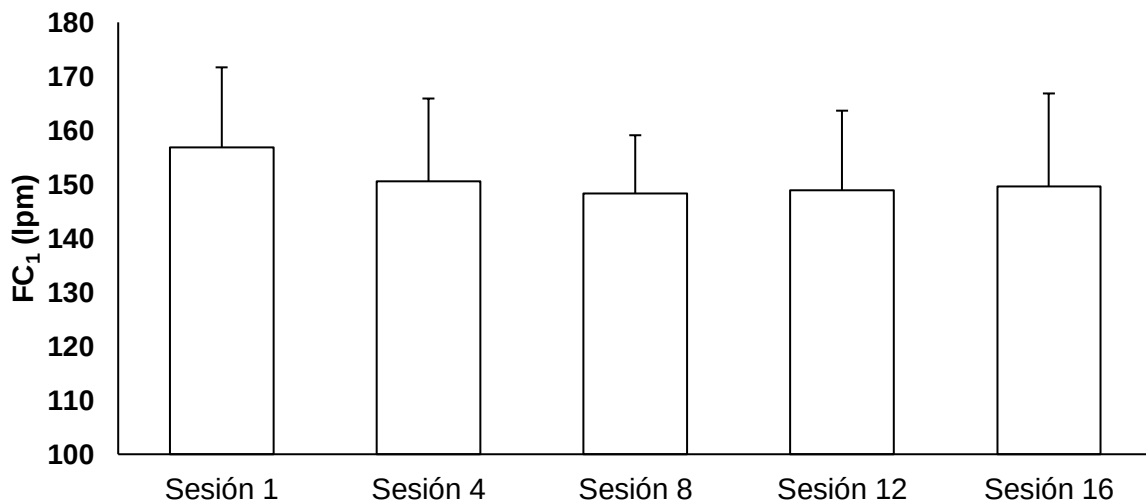


Figura 9. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 8; $p \leq 0.05$).

Para la FC_3 también se encontraron diferencias significativas entre las mediciones (Sesión 1 = 137.5 ± 11.3 lpm, Sesión 8 = 129.3 ± 11.3 lpm; $p = .001$), (Sesión 1 = $137.5 \pm$

11.3 lpm, Sesión 12 = 130.9 ± 11.0 lpm; $p = .001$) y (Sesión 1 = 137.5 ± 11.3 lpm, Sesión 16 = 129.1 ± 13.1 lpm; $p = .001$) (figura 10).

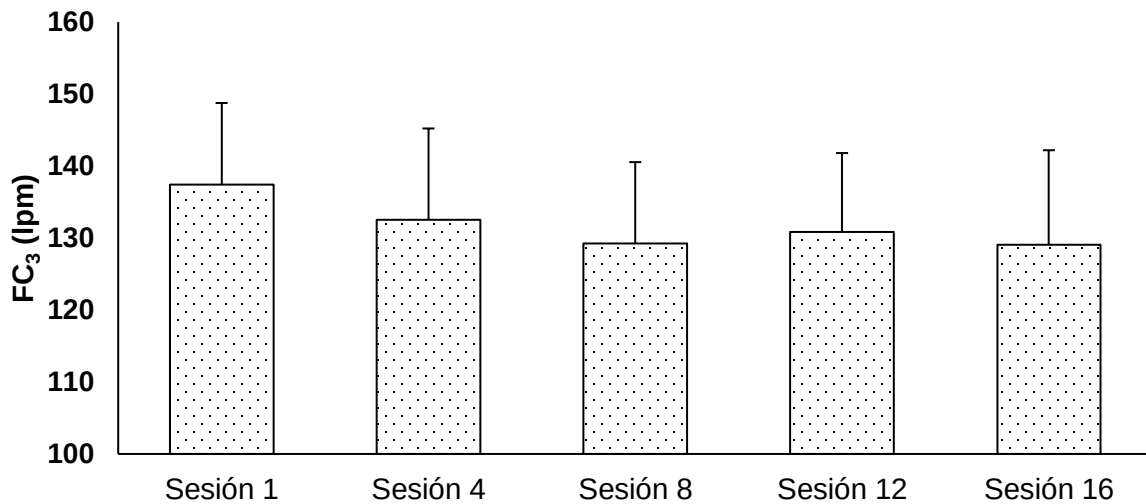


Figura 10. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 8, Sesión 1 > Sesión 12, Sesión 1 > Sesión 16; $p \leq 0.05$).

Para la FC₅ se mostraron diferencias entre las mediciones (Sesión 1 = 135.2 ± 11.0 lpm, Sesión 4 = 129.9 ± 11.7 lpm; $p = .036$), (Sesión 1 = 135.2 ± 11.0 lpm, Sesión 8 = 126.4 ± 10.0 lpm; $p = .001$), (Sesión 1 = 135.2 ± 11.0 lpm, Sesión 12 = 127.4 ± 9.9 lpm; $p = .001$) y (Sesión 1 = 135.2 ± 11 lpm, Sesión 16 = 124.5 ± 11.3 lpm; $p = .001$) (figura 11).

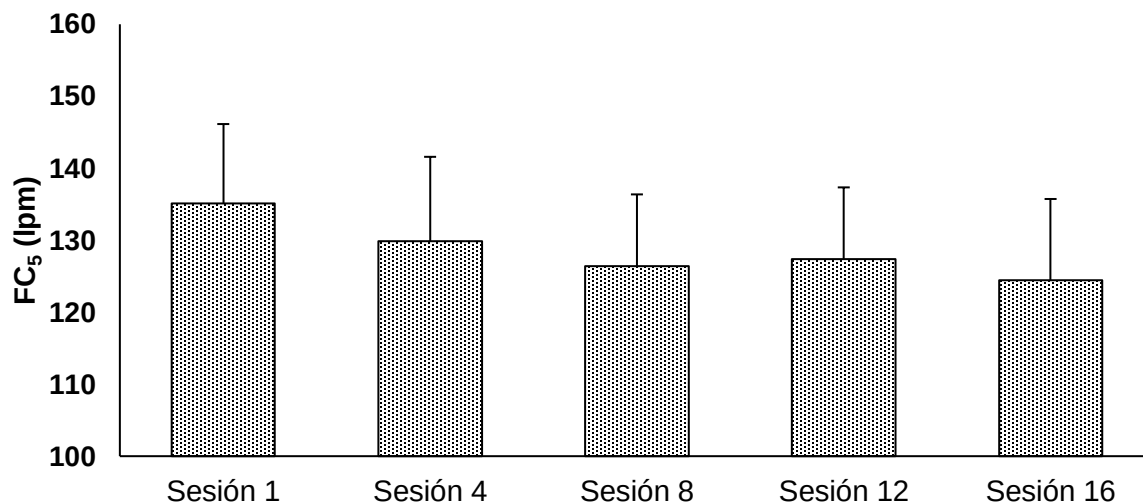


Figura 11. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 4, Sesión 1 > Sesión 8, Sesión 1 > Sesión 12, Sesión 1 > Sesión 16; $p \leq 0.05$).

También se encontraron diferencia significativa entre las mediciones para la FC₁₅ (Sesión 1 = 95.5 ± 8.2 lpm, Sesión 8 = 87.9 ± 8.6 lpm; $p = .001$) y (Sesión 1 = 95.5 ± 8.2 lpm, Sesión 12 = 91.0 ± 8.8 lpm; $p = .015$) (figura 12).

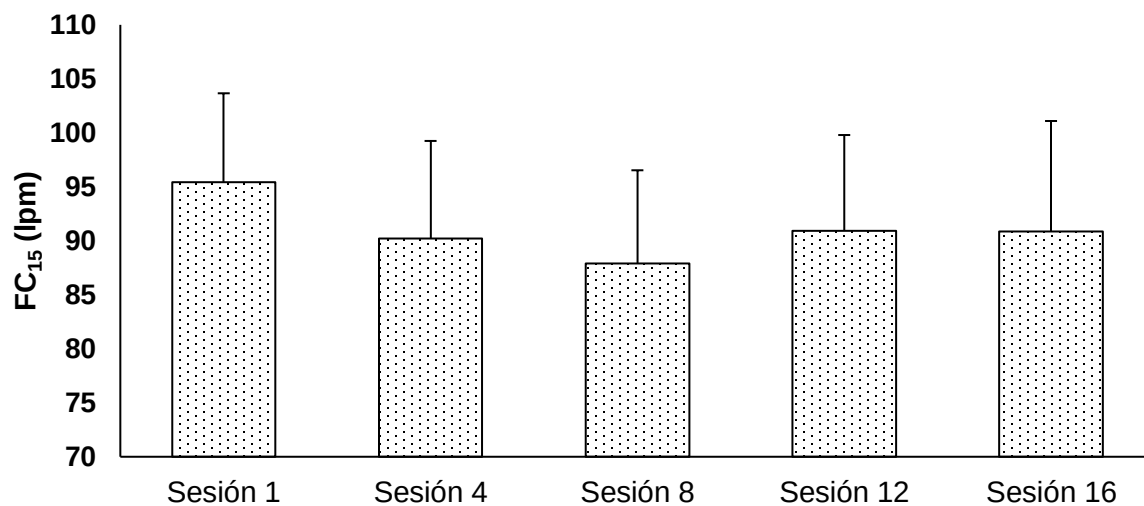


Figura 12. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 8, Sesión 1 > Sesión 12; $p \leq 0.05$).

Para la variable de lactato se encontraron diferencias significativas entre las mediciones (Sesión 1 = 8.2 ± 2.2 mmol/L, Sesión 4 = 6.9 ± 1.9 mmol/L; $p = .036$) y (Sesión 1 = 8.2 ± 2.2 mmol/L, Sesión 8 = 6.5 ± 1.9 mmol/L; $p = .001$) (figura 13).

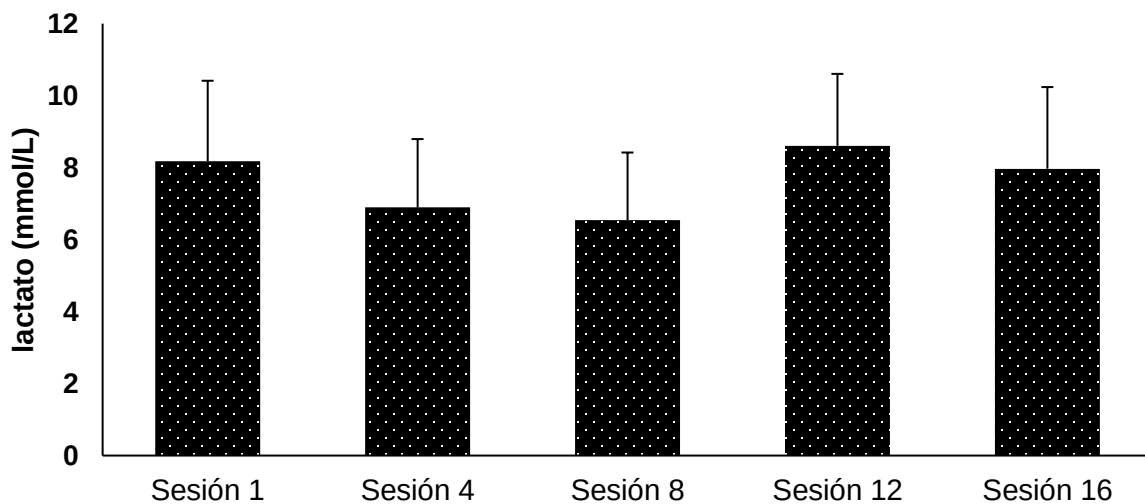


Figura 13. Diferencia significativa entre las mediciones (Sesión 1 > Sesión 4, Sesión 1 > Sesión 8; $p \leq 0.05$).

Para la VFC entre las sesiones HIIT no se encontró diferencia significativa en la interacción género y mediciones ($p = .487$) tampoco en el efecto simple de mediciones (58.1 ms [IC 95% = 39.6 - 76.7 ms] $p = .112$; $\eta^2 = .098$) para la variable RMSSD. Para la variable SS no se encontró diferencias en la interacción género y mediciones ($p = .401$) tampoco en el efecto simple de mediciones (18.7 ms [IC 95% = 14.7 - 22.7 ms] $p = .738$; $\eta^2 = .027$) (tabla 5).

Estos resultados significan que el programa HIIT no tuvo un efecto negativo sobre la VFC, esto quiere decir que los sujetos no llegaban estresados entre las sesiones y por lo tanto ninguno presentó sobrecarga de entrenamiento y el comportamiento fue igual tanto en hombres y mujeres.

Tabla 5. Resultados de la VFC durante las sesiones HIIT ($\bar{X} \pm DE$).

Variables (VFC)	Sesión 1	Sesión 4	Sesión 8	Sesión 12	Sesión 16	p=	η^2
RMSSD-inicio (ms)	52 $\pm$ 44.5	57.1 $\pm$ 41.2	62.7 $\pm$ 35.3	55.3 $\pm$ 32.4	65 $\pm$ 48.4	.112	.098
SS-inicio (ms)	19.9 $\pm$ 6.3	18.1 $\pm$ 7.5	19.4 $\pm$ 12.4	19.1 $\pm$ 10.6	19 $\pm$ 9.1	.738	.027

Capítulo 4. Discusión

4.1 Discusión

El objetivo general de este estudio fue la intervención de 16 sesiones HIIT en sujetos sedentarios sobre variables fisiológicas. Se mostraron resultados a las 8 y 16 sesiones de intervención, con el fin de reportar a partir de qué momento se presenta respuesta sobre las variables estudiadas.

Se observó un aumento sobre la variable RMSSD en reposo al finalizar el HIIT. Esta variable indica actividad del sistema nervioso parasimpático. Una persona sana, en condiciones de reposo, muestra altos valores de RMSSD, lo cual, expresa un estado de homeostasis corporal (Shaffer, 2017). Se ha reportado que sujetos que realizan actividad física en comparación con personas sedentarias, tienen índices altos de actividad parasimpática; esto representa características de salud con mecanismos eficientes de recuperación al estrés (Dong, 2016).

En la revisión sistemática de Abreu et al. (2019), se analizaron seis estudios clínicos, los cuales reportaron mejoras en la modulación parasimpática a partir de 36 sesiones de HIIT en adultos sedentarios, teniendo un mayor impacto en comparación con el método de entrenamiento continuo de moderada intensidad (Ramos et al., 2017; Piras et al., 2015; Heydari et al., 2013; Munk, 2009).

De igual manera, se observó una disminución de la variable SS a partir de la 8va sesión del HIIT. Esta variable se ha reportado en estudios como el de Orellana et al. (2015), en el cual, lo relacionan con la actividad simpática y se comporta inversamente proporcional a la variable RMSSD. La disminución de la actividad simpática en reposo expresa baja activación del sistema nervioso simpático, por lo tanto, mayor homeostasis corporal.

La mayoría de los estudios reportan disminuciones en variables de control parasimpático (RMSSD), sin embargo, es importante reportar el efecto de estas intervenciones en variables del control simpático, ya que una disminución de la VFC, con aumento de la variable SS, podría ser un indicador de adaptación anormal e insuficiente del sistema nervioso autónomo, lo que provoca una función fisiológica deficiente (Shaffer, 2017).

Existen estudios que han reportado aumentos en la actividad parasimpática en reposo tras un entrenamiento de HIIT, sin embargo, no obtuvieron cambio sobre la actividad simpática a través de la variable de dominio *frecuencial Low Frequency* (LF) y la interacción entre LF y *High Frequency* (LF/HF) (Ramos et al., 2017; Piras et al., 2015; Heydari et al., 2013; Munk, 2009).

Por otra parte, Kiviniemi et al. (2014), reportaron una disminución de la modulación simpática a partir de cuatro sesiones de HIIT. Del mismo modo, en el estudio de Alansare et al. (2018), también observaron una mejora en la variable logaritmo natural de la interacción LF/HF posterior a ocho sesiones de tratamiento HIIT. A pesar de esto, aun se discute si estas variables en realidad representan la actividad simpática (Michael et al., 2017), por lo cual, cobra importancia el seguir estudiando la variable SS.

Una posible razón de las respuestas inconsistentes entre los estudios reportados hasta el momento puede ser explicada por el carácter metodológico de las intervenciones. Los estudios previos, utilizaron cargas internas como el $VO_{2\text{máx}}$ o la Frecuencia Cardíaca para dosificar los HIIT (Ito, 2019). En el presente estudio, se dosificó el HIIT a partir de cargas externas (Arazi et al., 2017), en este caso de la velocidad aeróbica máxima, estimada por una prueba de campo (30-15 *Intermittent Fitness Test*) (Buchheit, 2010), lo

cual permite garantizar que todo el entrenamiento fue realizado a las intensidades establecidas. De esta manera, se pudo observar a partir de la sesión 16, un aumento de la actividad parasimpática y una disminución de la actividad simpática, lo cual explica una adaptación de la VFC de forma adecuada.

Una posible situación en personas sedentarias puede ser que no toleren los HIIT. Existen estudios que han reportado que la variabilidad de la frecuencia cardíaca es una herramienta eficaz para medir la fatiga, previa y posteriormente al entrenamiento (Bellenger et al., 2016). En los resultados de este estudio, no se observaron cambios en la actividad del SNA en condiciones de reposo al iniciar las sesiones del HIIT. Este estudio es consistente con lo reportado en un metaanálisis de 55 estudios con adultos sedentarios (Reljic et al., 2019).

Dentro de las variables cardiovasculares, se mostró una mejora de la frecuencia cardíaca en reposo, pico, de recuperación y de la presión sistólica al finalizar el programa HIIT. En otras palabras, el ejercicio HIIT ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares. (Reimers, et al., 2018).

La disminución de la FCrep y la mejora de la regularización de los latidos cardiacos posterior a un esfuerzo en una persona sana se interpretan como una adaptación crónica en respuesta a la práctica constante de la actividad física. En estudios previos explican que estas adaptaciones cardiovasculares se deben a la hipertrofia de la cavidad ventricular izquierda y aumento del volumen sistólico, lo que permite una mayor distribución sanguíneo (Romero et al., 2017; Wilmore, 2007).

Estudios de metaanálisis como el de Ramos et al. (2015), han reportado mejoras en variables cardiovasculares en adultos sedentarios, tras la aplicación de un HIIT basados en la $FC_{m\acute{a}x}$, a partir de 36 sesiones. Mientras que en el estudio de Holloway et al. (2018), mostraron una mejora en la aptitud aeróbica, de las funciones cardiovasculares y la salud arterial, tras un HIIT a partir de la sesión 18.

Se observó una disminución en la concentración de lactato en sangre a partir de la sesión cuatro con respecto a la primera. Este resultado se puede dar cuando el metabolismo energético se torna más eficiente, al obtener la energía a través de las rutas oxidativas (Wilmore, 2007). Esta observación se ha reportado en estudios tanto con HIIT como con entrenamiento de fuerza (Nuñez et al., 2020). Por otra parte, en el estudio de Alkahtani et al. (2013), mostraron mejora en las concentraciones de lactato en sangre posttest a partir de la sesión 12 sesiones de HIIT en adultos con obesidad.

Hubo un aumento del $VO_{2m\acute{a}x}$ a partir de la octava sesión del HIIT. Esta variable representa un indicador cardiorrespiratorio para la salud. Altos niveles de capacidad aeróbica están relacionados con un mejor rendimiento físico y con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares (Lee et al., 2010). El programa de HIIT durante los picos de trabajo permite mantener una difusión de oxígeno cercana al máximo, lo que estimula adaptaciones centrales como el transporte de oxígeno y periféricas en la utilización del mismo (Buchheit, 2013).

Un estudio de metaanálisis concluye que existe mejora del consumo máximo de oxígeno en población sedentaria con obesidad a partir de la sesión 12 de un HIIT de corta duración. Del mismo modo, en este estudio, mencionan que a atleta entrenados les cuesta más trabajo (36 sesiones de HIIT) tener mejoras significativas de esta variable (Wen et al., 2019)

Como limitaciones a este estudio, fue no comparar el programa HIIT con un grupo control. De igual manera el consumo máximo de oxígeno fue estimado de manera indirecta y no con el *Gold Stardad*.

Como fortalezas de este estudio es la limitada evidencia de programas HIIT cuantificado en base a cargas externas (capacidad física) y el reporte de la nueva variable de *Stress Score* (SS) que nos indica la actividad del sistema simpática.

Capítulo 5. Conclusión

5.1 Conclusión

La intervención de un programa de 16 sesiones HIIT cuantificado en base a cargas externas es adecuado para mejorar variables fisiológicas en adultos sedentarios.

Se mostraron mejoras en la función autónoma del corazón con aumentos en la actividad parasimpática y una disminución de la actividad simpática en reposo.

Este tipo de entrenamiento no causa estrés del sistema nervioso autónomo tras las sesiones de HIIT al tener descansos de 48 horas entre ellas.

De igual manera se encontraron mejoras sobre parámetros cardiovasculares, como la disminución de la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica en reposo. Se mostró un mejor funcionamiento de la recuperación de los latidos cardíacos posterior al entrenamiento.

También se mostró una mejora en el rendimiento físico en los sujetos mostrando un aumento del $VO_{2\text{máx}}$ y de la velocidad aeróbica máxima estimados con la prueba de campo 30-15 IFT.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos se recomienda el uso de la prueba 30-15 IFT para estimar la VAM y prescribir entrenamientos interválicos de alta intensidad en población sedentaria aparentemente sana para la mejora de la salud.

Para futuros estudios se sugiere comparar los resultados del método HIIT con el tradicional de moderada intensidad, con el objetivo identificar con cual entrenamiento se obtienen resultados en el menor tiempo posible. Del mismo modo, utilizar mediciones directas del $\text{VO}_2\text{máx}$ y de la VAM a través de analizadores de gases computarizados para dosificar las cargas de trabajo con parámetros directos.

Referencias

- Alansare, A., Alford, K., Lee, S., Church, T., & Jung, H. (2018). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. *International journal of environmental research and public health*, 15(7), 1508.
- Alissa, E. M., & Ferns, G. A. (2011). Heavy metal poisoning and cardiovascular disease. *Journal of toxicology*, 2011.
- Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M. (2013). Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. *Springerplus*, 2(1), 532.
- American College of Sports Medicine. (2012). *ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Aranda, C., de la Cruz Torres, B., & Orellana, J. N. (2017). Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (180), 196-200.
- Arazi, H., Keihaniyan, A., EatemadyBoroujeni, A., Oftade, A., Takhsha, S., Asadi, A., & Ramirez-Campillo, R. (2017). Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. *Sports*, 5(3), 57.
- Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, 51(6), 494-503.

- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 46(10), 1461-1486.
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie J*, 1(9), 278.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in physiology*, 5, 73.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 43(10), 927-954.
- Camm, A. J., Malik, M., Bigger, J. T., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R. J., ... & Lombardi, F. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology.
- Ciolac, E. G. (2012). High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise?. *American journal of cardiovascular disease*, 2(2), 102.
- de Abreu, R. M., Rehder-Santos, P., Simões, R. P., & Catai, A. M. (2019). Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Brazilian journal of physical therapy*, 23(4), 279-289.
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine*, 11(5), 1531-1536.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(2), 459-471.
- Eckel, R. H., Jakicic, J. M., Ard, J. D., de Jesus, J. M., Miller, N. H., Hubbard, V. S., ... & Nonas, C. A. (2014). 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular

risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 63(25 Part B), 2960-2984.

Gaesser, G. A., & Angadi, S. S. (2011). High-intensity interval training for health and fitness: can less be more?.

Galaviz, K. I., Narayan, K. V., Manders, O., McFarland, D. A., Goenka, S., Torres-Mejía, G., ... & Ali, M. K. (2016). The public health leadership and implementation academy (PH LEADER) for non-communicable diseases. *Health Systems & Reform*, 2(3), 222-228.

Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.

García-Hermoso, A., Cerrillo-Urbina, A. J., Herrera-Valenzuela, T., Cristi-Montero, C., Saavedra, J. M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obesity reviews*, 17(6), 531-540.

GBD 2015 Risk Factors Collaborators (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet (London, England)*, 388(10053), 1659–1724. doi:10.1016/S0140-6736(16)31679-8

Ghardashi-Afousi, A., Holisaz, M. T., Shirvani, H., & Pishgoo, B. (2018). The effects of low-volume high-intensity interval versus moderate intensity continuous training on heart rate

- variability, and hemodynamic and echocardiography indices in men after coronary artery bypass grafting: A randomized clinical trial study. *ARYA atherosclerosis*, 14(6), 260.
- Hallal, P. C., & Victora, C. G. (2004). Reliability and validity of the international physical activity questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 556.
- Hammam, N., Ezeugwu, V. E., Rumsey, D. G., Manns, P. J., & Pritchard-Wiart, L. (2019). Physical activity, sedentary behavior, and long-term cardiovascular risk in individuals with rheumatoid arthritis. *The Physician and sportsmedicine*, (just-accepted).
- Heydari, M., Boutcher, Y. N., & Boutcher, S. H. (2013). High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. *Clinical autonomic research*, 23(1), 57-65.
- Holloway, K., Roche, D., & Angell, P. (2018). Evaluating the progressive cardiovascular health benefits of short-term high-intensity interval training. *European journal of applied physiology*, 118(10), 2259-2268.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13.
- Ismail, I., Keating, S. E., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2012). A systematic review and meta-analysis of the effect of aerobic vs. resistance exercise training on visceral fat. *Obesity reviews*, 13(1), 68-91.
- Ito, S. (2019). High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases- The key to an efficient exercise protocol. *World journal of cardiology*, 11(7), 171.
- Joyner, M. J., & Green, D. J. (2009). Exercise protects the cardiovascular system: effects beyond traditional risk factors. *The Journal of physiology*, 587(23), 5551-5558.

- Kiviniemi, A. M., Tulppo, M. P., Eskelinen, J. J., Savolainen, A. M., Kapanen, J., Heinonen, I. H., ... & Kalliokoski, K. K. (2014). Cardiac autonomic function and high- intensity interval training in middle-age men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(10), 1960-1967.
- Lee, D. C., Artero, E. G., Sui, X., & Blair, S. N. (2010). Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *Journal of psychopharmacology*, 24(4_suppl), 27-35.
- Libby, P. (2012). Inflammation in atherosclerosis. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 32(9), 2045-2051.
- Lin, X., Zhang, X., Guo, J., Roberts, C. K., McKenzie, S., Wu, W. C., ... & Song, Y. (2015). Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American Heart Association*, 4(7), e002014.
- Members, T. F., Piepoli, M. F., Hoes, A. W., Agewall, S., Albus, C., Brotons, C., ... & Deaton, C. (2016). 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *Atherosclerosis*, 252, 207-274.
- Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. *Frontiers in physiology*, 8, 301.
- Montaño, A., Brown, F., Credeur, D. P., Williams, M. A., & Stoner, L. (2017). Telemetry-derived heart rate variability responses to a physical stressor. *Clinical physiology and functional imaging*, 37(4), 421-427.

- Mora, S., Cook, N., Buring, J. E., Ridker, P. M., & Lee, I. M. (2007). Physical activity and reduced risk of cardiovascular events: potential mediating mechanisms. *Circulation*, 116(19), 2110.
- Muniyappa, R., & Sowers, J. R. (2013). Role of insulin resistance in endothelial dysfunction. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 14(1), 5-12.
- Munk, P. S., Butt, N., & Larsen, A. I. (2010). High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *International journal of cardiology*, 145(2), 312-314.
- Neto, M. G., Duraes, A. R., Conceição, L. S. R., Saquetto, M. B., Ellingsen, Ø., & Carvalho, V. O. (2018). High intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure with reduced ejection fraction: A systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*, 261, 134-141.
- Núñez, T. P., Amorim, F. T., Beltz, N. M., Mermier, C. M., Moriarty, T. A., Nava, R. C., ... & Kravitz, L. (2020). Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter?. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 18(1), 14-20.
- Orellana, J. N., de la Cruz Torres, B., Cachadiña, E. S., de Hoyo, M., & Cobo, S. D. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4), 452-457.
- Peçanha, T., Silva-Júnior, N. D., & Forjaz, C. L. D. M. (2014). Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(5), 327-339.
- Piras, A., Persiani, M., Damiani, N., Perazzolo, M., & Raffi, M. (2015). Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting

cardiovascular changes and autonomic adaptation. *European journal of applied physiology*, 115(4), 763-773.

Ramírez-Vélez, R., Hernández-Quñones, P. A., Tordecilla-Sanders, A., Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Izquierdo, M., ... & Garcia, R. G. (2019). Effectiveness of HIIT compared to moderate continuous training in improving vascular parameters in inactive adults. *Lipids in health and disease*, 18(1), 42.

Ramírez-Vélez, R., Hernández-Quñones, P. A., Tordecilla-Sanders, A., Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Izquierdo, M., ... & Garcia, R. G. (2019). Effectiveness of HIIT compared to moderate continuous training in improving vascular parameters in inactive adults. *Lipids in health and disease*, 18(1), 42.

Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Mielke, G. I., Dias, K. A., ... & Coombes, J. S. (2017). High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: a randomised trial. *International journal of cardiology*, 245, 245-252.

Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(5), 679-692.

Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(5), 679-692.

- Reimers, A. K., Knapp, G., & Reimers, C. D. (2018). Effects of exercise on the resting heart rate: a systematic review and meta-analysis of interventional studies. *Journal of clinical medicine*, 7(12), 503.
- Reljic, D., Lampe, D., Wolf, F., Zopf, Y., Herrmann, H. J., & Fischer, J. (2019). Prevalence and predictors of dropout from high-intensity interval training in sedentary individuals: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*.
- Reljic, D., Wittmann, F., & Fischer, J. E. (2018). Effects of low-volume high-intensity interval training in a community setting: a pilot study. *European journal of applied physiology*, 118(6), 1153-1167.
- Romero, S. A., Minson, C. T., & Halliwill, J. R. (2017). The cardiovascular system after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 925-932.
- Roy, B. A. (2013). High-Intensity Interval Training: Efficient, Effective, and a Fun Way to Exercise Brought to you by the American College of Sports Medicine [www. acsm. org](http://www.acsm.org). *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 3.
- Sabag, A., Way, K. L., Keating, S. E., Sultana, R. N., O'Connor, H. T., Baker, M. K., ... & Johnson, N. A. (2017). Exercise and ectopic fat in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes & metabolism*, 43(3), 195-210.
- Santos-Hiss, M. D., Melo, R. C., Neves, V. R., Hiss, F. C., Verzola, R. M., Silva, E., ... & Catai, A. M. (2011). Effects of progressive exercise during phase I cardiac rehabilitation on the heart rate variability of patients with acute myocardial infarction. *Disability and rehabilitation*, 33(10), 835-842.
- Schmitt, L., Regnard, J., & Millet, G. P. (2015). Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: an avenue beyond RMSSD?. *Frontiers in physiology*, 6, 343.

- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 5, 258.
- Task Force of The European Society of Cardiology. (1996). The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix), Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International journal of cardiology*, 141(2), 122-131.
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian journal of sport sciences*.
- 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), 1-8.
- Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D. D., & Godoy, M. F. D. (2009). Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 24(2), 205-217.
- Way, K. L., Hackett, D. A., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2016). The effect of regular exercise on insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes & metabolism journal*, 40(4), 253-271.
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO₂max improvements in adults: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of science and medicine in sport*.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte (color)*. editorial Paidotribo.

World Health Organization. (2008). *Prevención de las enfermedades cardiovasculares: guía de bolsillo para la estimación y el manejo del riesgo cardiovascular*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Zamora Saenz, I. B. (2018). *Prácticas físico-deportivas en México*.

Anexos

Anexo 1: cuestionario de aptitud física.

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 planificando 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 SÍ o NO.

SÍ	NO	
☐	☐	1. ¿Alguna vez su médico le ha indicado que usted tiene un problema cardiovascular, y que solamente puede llevar a cabo ejercicios o actividad física si lo refiere un médico?
☐	☐	2. ¿Sufre de dolores frecuentes en el pecho cuando realiza algún tipo de actividad física?
☐	☐	3. ¿En el último mes, le ha dolido el pecho cuando no estaba haciendo actividad física?
☐	☐	4. ¿Con frecuencia pierde el equilibrio debido a mareos, o alguna vez ha perdido el conocimiento?
☐	☐	5. ¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la espalda, rodillas o cadera) que pudiera agravarse al aumentar la actividad física?
☐	☐	6. ¿Al presente, le receta su médico medicamentos (por ejemplo, pastillas de agua) para la presión arterial o problemas con el corazón?
☐	☐	7. ¿Existe alguna otra razón por la cual no debería participar en un programa de actividad física?

Si

usted

contestó

Sí 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. Dígale a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SÍ.

- 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 más 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 progrese gradualmente. Esta 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 temporera, tal como un resfriado o fiebre, entonces lo 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 activa.

POR FAVOR: Si un cambio en su salud lo obliga a responder SÍ 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.

Use 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 PARIENTE: _____
o TUTOR (para participantes menores edad)

TESTIGO: _____

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 SÍ 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>

Anexo 2: carta consentimiento informado



Universidad Autónoma De Baja California
Facultad De Deportes



Nombre: _____ Fecha: _____

Carta consentimiento.

Protocolo: Usted estará participando en un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad que consta de 16 sesiones totales (cuarenta minutos cada sesión).

A su llegada se acostará boca arriba, manos a los costados y piernas extendidas durante diez minutos. Seguido, se tomará la frecuencia cardíaca y presión arterial en reposo, colocando una banda en la parte inferior de su pecho, posteriormente pasará a una báscula de bioimpedancia (Inbody 770) para analizar su composición corporal, cabe mencionar que deberá utilizar el mínimo de ropa (hombres: short, mujeres: top y short).

Previo a esto será sometido a una prueba en campo (30-15 Intermittent Fitness Test) dando su máximo esfuerzo para determinar su consumo máximo de oxígeno y velocidad máxima intermitente (VMI).

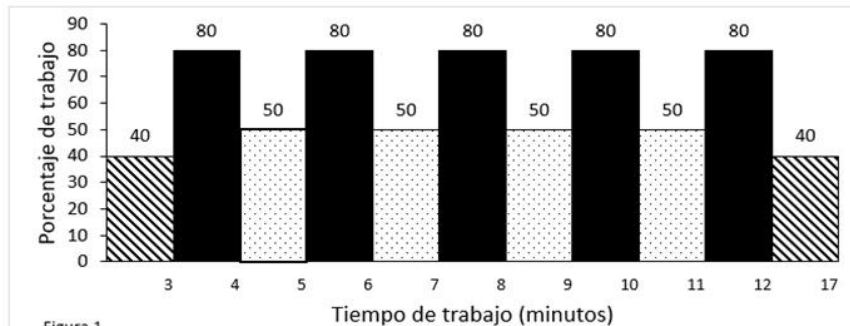


Figura 1

El programa consiste en un trote continuo de 17 minutos totales en la banda sinfin, comenzando con tres minutos de calentamiento con cambios de velocidad cada minuto (ver figura 1).

Al finalizar las 16 sesiones se le tomarán mismas medidas que se tomaron previamente al comenzar el programa HIIT.

Usted durante la prueba y cada sesión puede llegar a sentir mareo, cansancio, fatiga muscular, dolor en pecho, dificultad para respirar, vómito y pérdida de la consciencia. Si usted llega a padecer uno de estos malestares durante la prueba se detendrá el protocolo para auxiliarlo.

El uso de fotografías, videos y datos individuales no serán publicados. Los datos obtenidos durante el programa serán usados con fines académicos y publicados de forma general.

Yo _____ acepto formar parte de la investigación que se realizará por los alumnos Isaac García Flores, América Estajersy Espinosa Lezama, Guadalupe Martínez Raya, bajo la responsabilidad del Dr. Luis Mario Gómez Miranda y Mtro. Jorge Aburto Corona con el fin de proporcionarles información útil reconociendo los riesgos que implica participar, anteriormente explicados.

Firma Investigador

Firma Sujeto

Firma Testigo

Anexo 3: cuestionario internacional de actividad física



CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FISICA

IPAQ: FORMATO CORTO AUTOADMINISTRADO DE LOS ULTIMOS 7 DIAS

PARA SER UTILIZADO CON ADULTOS (15- 69 años)

Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte.

*Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.*

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuantos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

_____ días por semana

☐ Ninguna actividad física intensa

➡ **Vaya a la pregunta 3**

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

_____ horas por día

_____ minutos por día

*Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.*

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis? **No** incluya caminar.

_____ días por semana

☐ Ninguna actividad física moderada

➡ **Vaya a la pregunta 5**

4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

_____ horas por día

_____ minutos por día

☐ No sabe/No está seguro

*Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.*

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **camino** por lo menos **10 minutos** seguidos?

_____ días por semana

☐ Ninguna caminata



Vaya a la pregunta 7

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?

_____ horas por día

_____ minutos por día

☐ No sabe/No está seguro

*La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.*

7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un **día hábil**?

_____ horas por día

_____ minutos por día

☐ No sabe/No está seguro