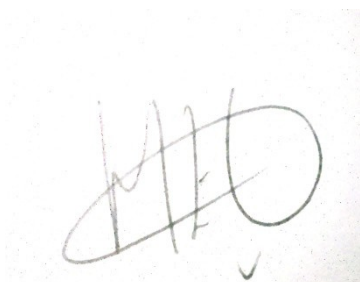


**Acta de examen por
tribunal**
MONTEVIDEO**Tipo de inscripción:** CURRICULAR - NO REGLAMENTADO

Estudiante	Nombre	Curso	Nota	Literal	Fecha
1 5011102 - 1	IPATA PRANDO, MATHIAS NICOLAS	7 - 10/05/2021	8	Ocho	18/6/2021
2 5024162 - 4	PIOLI MARTIN, AGUSTÍN	6 - 10/05/2021	8	Ocho	18/6/2021
3 4808083 - 8	SAN MARTIN GARCIA, EMILIANO	8 - 10/05/2021	8	Ocho	18/6/2021

Tot. Gral.	Presentados	No presentados	Aprobados	No aprobados	Otros
3	3	0	3	0	0

Reglamentados	No reglamentados	Libres


José Meléndez Gallardo

Escala de notas:

Máximo 12; Umbral aprob.: 5

Mínimo: 0;

(*) El estudiante está en más de un
acta

Universidad de la República
Instituto Superior de Educación Física
Licenciatura en Educación Física
Tesina

Respuestas fisiológicas agudas de diversos enfoques de entrenamiento de alta intensidad (entrenamiento interválico de sprints, entrenamiento interválico de burpees y entrenamiento continuo) aplicados con un bajo volumen en situación de mundo-real con adultos jóvenes

Mathias IPATA

Agustín PIOLI

Emiliano SAN MARTIN

Profesor Tutor: Dr. Stefano BENÍTEZ

Línea de investigación: Educación Física y Salud

Seminario: Efectos del entrenamiento interválico en la Salud

Montevideo, abril, 2021

RESUMEN

Considerando a la falta de tiempo como el argumento más nombrado para no adherirse a la actividad física (AF) habitual, los entrenamientos interválicos de bajo volumen podrían ser metodologías eficaces para mejorar la salud. En este estudio se comparó las respuestas cardiovasculares agudas de tres protocolos de entrenamiento, entrenamiento interválico de sprint (SIT), entrenamiento interválico de burpees (BIT) y entrenamiento continuo (CT). Dieciocho sujetos adultos jóvenes saludables realizaron mediante un diseño cruzado aleatorizado tres sesiones equiparadas en el tiempo total: SIT (10 × 5 s con 35 s de recuperación), BIT (10 × 5 s con 35 s de recuperación) y CT (6 min con 5 s continuos). La frecuencia cardíaca (FC) fue evaluada antes, durante y después de cada protocolo. El protocolo SIT mostró mayores valores en las variables de FCmed, FCmin y gasto energético (GE) ($p \leq 0,05$). No hubo diferencias significativas entre protocolos SIT y CT en las variables de FCmax y %FCpico ($p \geq 0,05$). SIT y CT fueron los enfoques que acumularon más tiempo en la zona $\geq 90\%$ FCpico. BIT fue el protocolo que acumulo más tiempo en la zona $\geq 70\%$ FCpico. No hubo diferencias significativas al $\geq 80\%$ FCpico entre modelos ($p \geq 0,05$). El BIT fue el protocolo que obtuvo una recuperación de la FC (RFC) más rápida, el SIT por su parte obtuvo la RFC más lenta. Los resultados provistos en nuestra investigación demostraron que el protocolo de SIT generó un estrés cardiovascular más elevado en comparación con las sesiones de BIT y CT. Esto podría generar una mejora en el funcionamiento cardiovascular a largo plazo al optar por esta modalidad de entrenamiento frecuentemente.

PALABRAS CLAVES: Entrenamiento interválico, sedentarismo, respuestas fisiológicas, entrenamiento funcional, prescripción de ejercicio.

LISTA DE ABREVIACIONES

AF = Actividad física

BIT = Entrenamiento interválico de burpees

CMJ = Salto contramovimiento

CT = Entrenamiento continuo

CR-10 RPE = Escala de esfuerzo percibido

EF = Entrenamiento físico

FC = Frecuencia cardiaca

FCmax = Frecuencia cardiaca máxima

FCmed = Frecuencia cardiaca media

FCmin = Frecuencia cardiaca mínima

GE = Gasto energético

HIFT = Entrenamiento interválico funcional de alta intensidad

HIIT = Entrenamiento interválico de alta intensidad

IMC = Índice de masa corporal

RFC = Recuperación de la frecuencia cardiaca

SIT = Entrenamiento interválico de sprints

VO₂max = Consumo máximo de oxígeno

VFC = Variabilidad de la frecuencia cardíaca

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES	7
2.1 DESCRIPCIÓN EPIDEMIOLOGICA	7
2.2 ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO	9
2.3 COMPARACIONES AGUDAS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
4. OBJETIVOS	13
4.1 GENERAL	13
4.2 ESPECÍFICO	13
5. HIPÓTESIS	14
6. RESEÑA METODOLÓGICA	14
6.1 Participantes	14
6.2 Diseño del Estudio	15
6.3 Procedimientos	18
DÍA 1	18
Composición corporal	18
Test Incremental	18
Familiarización	19
DÍA 2, 3 Y 4	20
Sesiones de entrenamiento	20
Variables Fisiológicas	21
Variables Neuromusculares (datos no presentados en esta investigación)	21
Salto Contra Movimiento	21
Sentadilla	22
Press de Banca	22
Variables Psicológicas (datos no presentados en esta investigación)	22
Ingesta Alimentaria	23
Análisis Estadístico	24
7. RESULTADOS	24
8. DISCUSIÓN	30
9. CONCLUSIÓN	32
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
11. ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Diseño del estudio. Datos fisiológicos, perceptivos y neuromusculares que se recogieron antes, durante y después de cada entrenamiento.	17
FIGURA 2. Diferencias en la frecuencia cardíaca (FC) y gasto energético (GE) entre protocolos.	27
FIGURA 3. Diferencia en tiempos en zonas de intensidad de los protocolos	28
FIGURA 4. Diferencia de la recuperación de la frecuencia cardíaca (RFC) entre protocolos	29

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Características de los participantes	15
TABLA 2. Información meteorológica	16
TABLA 3. Variables fisiológicas después de cada sesión de entrenamiento	25

1. INTRODUCCIÓN

La presente tesina de grado titulada “Respuestas fisiológicas agudas de diversos enfoques de entrenamiento de alta intensidad (entrenamiento interválico de sprints, entrenamiento interválico de burpees y entrenamiento continuo) aplicados con un bajo volumen en situación de mundo-real con adultos jóvenes”, se enmarca en el área de investigación en Educación Física y Salud integrando el seminario Efectos del Entrenamiento Interválico en la Salud, el cual forma parte del Instituto Superior de Educación Física, UdelaR. Esta tesis realiza un análisis sobre las respuestas agudas cardiovasculares provocadas por un bajo volumen de diferentes protocolos de entrenamiento de alta intensidad (Entrenamiento interválico de sprints, entrenamiento interválico de burpees, entrenamiento continuo) en condiciones de campo reclutando adultos jóvenes sin patologías previas.

Considerando que la falta de tiempo es uno de los argumentos más nombrados para no adherirse a la AF habitual y llevar una vida más saludable, nos pareció pertinente orientarnos en esta temática, ya que, según la literatura publicada, estos abordajes de bajo volumen pueden ser enfoques de entrenamiento eficaces para prevenir o tratar problemas de salud, además de ser adaptables a lugares diversos sin equipamientos complejos.

2. ANTECEDENTES

2.1 Descripción Epidemiológica

La falta de actividad física (AF) es un riesgo para la salud mundial siendo un problema extendido y en rápido ascenso en los países, tanto desarrollados como los que están en vías de desarrollo (OMS 2014). Las recomendaciones actuales para los adultos indican que deberían realizar entre 150 y 300 minutos de AF de intensidad moderada, o entre 75 y 150 minutos de AF de intensidad vigorosa, o alguna combinación equivalente de AF de intensidad moderada y vigorosa, por semana. Entre los niños y adolescentes, se indica una media de 60 minutos/día de AF de intensidad moderada a lo largo de la semana para obtener beneficios para la salud. Además, las directrices recomiendan una actividad regular de fortalecimiento muscular para todos los grupos de edad (OMS 2020). A nivel mundial, cerca del 27,5% de los adultos (Guthold et al. 2018) y el 81% de los adolescentes (Guthold et al. 2018) no cumplen las recomendaciones mundiales de la OMS sobre AF, constatándose que no hubo mejoras de estas cifras en los últimos 15 años (Guthold et al. 2018). Por lo tanto, se deduce que la implementación de dichas directrices no ha tenido un efecto positivo a largo plazo. En este sentido, la falta de tiempo es el argumento más repetido por diversas poblaciones para no involucrarse en la AF de forma regular (Trost et al. 2002).

Es importante destacar el costo económico que generan las consecuencias asociadas al sedentarismo; para esto nos basamos en un estudio realizado por Ding et al. (2016), en donde la falta de AF generó en los distintos sistemas de salud internacionales un gasto de unos 53,8 billones de dólares en todo el mundo, de los cuales 31,2 billones fueron pagados por el sector público, 12,9 billones por el sector privado y 9,7 billones por distintos hogares. En dicho estudio se llega a la conclusión de que además de la morbilidad y mortalidad provocadas por no cumplir las recomendaciones mínimas de AF establecidas, el sedentarismo genera un gasto económico muy importante a considerar a nivel de estado. Uruguay no es una excepción a esta realidad presentando un gasto anual de 38 millones de dólares.

También a través de diversos estudios realizados, los cuales fueron seleccionados para una revisión narrativa, se concluyó que la AF es sumamente efectiva como medida para disminuir el absentismo laboral por motivos de enfermedad, demostrando que se presentan mayores probabilidades de ausentarse del trabajo en trabajadores sedentarios que en los físicamente activos (López-Bueno et al. 2020).

Por otro lado, existe extensa evidencia científica que demuestra de forma concluyente que la AF regular proporciona modificaciones sustanciales para la salud de las personas, siendo una

terapia no medicamentosa de bajo costo (Fiuza-Luces et al. 2013). Así la AF bien dosificada puede ser un mecanismo clave para el control de la fisiopatología asociada a las enfermedades crónicas tales como; obesidad, hipertensión, diabetes, etc. Por el contrario, el sedentarismo está asociado con una disminución de la calidad de vida, aumentando la probabilidad de padecer enfermedades crónicas y una mortalidad temprana (OMS 2010). En este sentido, un estudio realizado en el 2010 con un diseño de cohorte con 654.827 participantes adultos y 10 años de seguimiento, evidenció que mayores niveles de AF semanal se asociaban a ganancias en la esperanza de vida (Moore et al. 2012). Además, los profesionales de la salud reconocen la necesidad de encontrar intervenciones efectivas de ejercicio físico para frenar el crecimiento del sedentarismo y por ende prevenir enfermedades cardiovasculares (Conn et al. 2009).

Actualmente estamos viviendo una situación de pandemia a nivel global, a causa del virus COVID-19. Recientemente se publicó un estudio (Sallis et al. 2021) con 48.440 sujetos, donde se comparó las tasas de hospitalización, admisiones en unidades de cuidados intensivos (UCI) y mortalidad de los pacientes con COVID-19, y se encontró que los pacientes que eran inactivos tenían un mayor riesgo de hospitalización e ingreso en la UCI y muerte por COVID-19 que los pacientes que cumplían sistemáticamente las pautas de AF.

Centrando el foco a nivel nacional, Pisabarro et al. (2009) realizaron una encuesta en donde determinaron que más del 66% de la población uruguaya no llega a los niveles mínimos de AF. Más recientemente, un artículo publicado por Brazo-Sayavera et al. (2018) que tenía por objetivo describir los niveles de AF entre los adultos uruguayos, concluyó que el 50,8% de la población adulta no practica ningún tipo de AF, presentando niveles más bajos las mujeres en relación a los hombres; concluyendo que sólo el 30,1% de los hombres y el 20,1% de las mujeres alcanzan las recomendaciones internacionales sobre AF. Citando otros datos actuales obtenidos a través de la encuesta solicitada por la Secretaría Nacional de Deporte (realizada a 800 personas en el año 2019) (Observatorio Nacional de Deporte 2019), se destaca que el 33% de las personas mayores de 18 años admiten ser sedentarios, mientras que el 67% realiza alguna AF. En cuanto al total de hombres encuestados, resultó que el 72% efectúa algún tipo de AF, mientras que el 62% de las mujeres encuestadas efectúa algún tipo de AF. También se logró obtener información según el nivel educativo de las personas; donde el grupo con bajo nivel educativo era el que menos realizaba AF siendo el 62%, seguido por el grupo con un nivel medio con 69% y resultando que el grupo con un nivel educativo alto fue el que presentaba un porcentaje más alto con el 74%. En cuanto a los lugares utilizados para la práctica de AF y deporte, los espacios públicos como lo son las calles, los parques, las plazas, etc. son los preferidos por más de la mitad de los adultos encuestados. Claramente, se da por

entendido que la integración de espacios comunitarios que promuevan la práctica de AF es un elemento esencial para la estimulación, siendo este punto observado como un robusto predictor en una referente revisión previa (Bauman et al. 2012). En cuanto a las razones de la no ejecución de ningún tipo de AF, resultó que la falta de tiempo y el cansancio laboral fue el más mencionado con un 48%, problemas de salud y edad un 21%, falta de interés o gusto un 19%, falta de espacio un 5% y otros motivos un 7% (Observatorio Nacional de Deporte 2019).

En cuanto a la afectación que induce el sedentarismo en el ámbito laboral para la población uruguaya. Se realizó un estudio, en donde para un total de 838 funcionarios policiales, se produjeron 3477 días certificados, siendo llamativamente el grupo etario que más se certifica el que se encuentra por debajo de los 30 años. Las principales patologías son las respiratorias y/u osteoarticulares. Las razones a las que se le atribuye esta situación son las condiciones de vida actual, las cuales se destaca especialmente el sedentarismo (Camarota 2015).

De esta manera, sabiendo que el tiempo disponible diario puede ser un factor clave para el compromiso con la AF, puede ser interesante estudiar las respuestas fisiológicas de diferentes tipos de entrenamiento de baja demanda diaria/semanal, que estimulen mecanismos preventivos frente al desarrollo del síndrome metabólico.

2.2 Entrenamiento Interválico

El entrenamiento interválico es una estrategia que optimiza la relación dosis/respuesta en oposición al entrenamiento continuo (CT), debido a que con un menor volumen por sesión puede provocar múltiples efectos en variables cardiovasculares (Metcalf y Volvaard 2017).

No obstante, el entrenamiento interválico se ha implementado desde hace varias décadas, estimándose que los primeros en aplicar este tipo de entrenamiento fueron los finlandeses, modalidad que con el paso del tiempo fue desarrollando una gran popularidad (Lopez y Vicente 2018).

Este tipo de entrenamiento presenta una gran variabilidad, en el cual se lo entiende como un trabajo intermitente que comprende periodos cortos de actividad a una alta intensidad intercalados con periodos de menor intensidad que dan lugar a la recuperación (Batacan et al. 2016).

El entrenamiento interválico consta de los siguientes componentes básicos a controlar y manejar en una sesión: 1) intensidad del intervalo; 2) duración del intervalo; 3) intensidad de la recuperación; 4) duración de la recuperación; 5) número de intervalos; 6) número de series; 7) duración del periodo entre serie; 8) periodo de calentamiento y 9) vuelta a la calma

(Buchheit y Laursen 2013).

Dentro de esta modalidad, puede surgir la siguiente clasificación mediante dos categorías: 1) entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), que generalmente denota esfuerzos submáximos ubicados al $\geq 80\%$ de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax), y 2) entrenamiento interválico de sprint (SIT), que implica esfuerzos "máximos", que generalmente requieren niveles muy altos de potencia muscular (Gibala y Hawley 2017).

El entrenamiento interválico evidenció a través de diferentes estudios la presencia de diversos beneficios, de los cuales se pueden destacar las mejoras en el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) que esta modalidad alcanza siendo aplicada durante 4-8 semanas, con cambios entre un 4% y un 15% tanto en personas activas como en sujetos no entrenados (Sloth et al. 2013). Adicionalmente, también se han detectado importantes ganancias en lo que corresponde a la condición física o el estado de salud tanto en individuos jóvenes como en adultos en parámetros tales como; gasto energético (GE), función cardíaca, nivel de grasa visceral, capacidad oxidativa en el músculo esquelético, etc. (Gibala & McGee 2008; Perry et al 2008; Olson 2013; Emberts et al 2013; Sánchez & Carranque 2015).

El SIT en reducidos periodos de intervención, se ha afianzado como una gran estrategia tiempo-eficacia para generar adaptaciones en factores de riesgo tales como; la sensibilidad a la insulina o el perfil lipídico (Gibala et al. 2008). A pesar de los progresos en el funcionamiento del organismo a nivel central y periférico que brinda el SIT convencional (4-6 esfuerzos "all-out" \times 30 s), es poco probable que sea una herramienta adecuada para promover la participación cotidiana en AF por parte de la población sedentaria, dado su extrema exigencia física (Hardcastle et al. 2014). En base a esto, se argumenta que una de las mejores herramientas para poder facilitar la aplicación del protocolo SIT, sobre todo en dichas poblaciones, es la reducción del intervalo (Zelt et al. 2014; Benítez-Flores et al. 2018;), teniendo de igual manera un importante impacto para la salud general (Gibala y Little 2020).

La disminución del tiempo de ejercicio parece ser una buena opción con el fin de lograr adaptaciones fisiológicas, siempre que la intensidad del mismo sea alta (Dudley et al. 1982). Un interesante metaanálisis (Vollaard et al. 2017) examinó el efecto que tenía sobre el aumento de VO_{2max} , modificar el número de repeticiones durante sesiones de SIT. Un hallazgo sorprendente de dicho estudio fue que el aumento del VO_{2max} no se veía atenuado por una reducción de la duración del esfuerzo (>10 s) o un menor número de episodios totales aplicados. Por lo tanto, hasta la fecha, toda la evidencia disponible sugiere que los protocolos de SIT con menos repeticiones y sprints más cortos (10-20 s) son tan eficientes como el protocolo de SIT clásico para mejorar marcadores cardiometabólicos (Vollaard y Metcalfe

2017). En este sentido, un estudio reciente viene a afirmar esta hipótesis confirmando que solo dos semanas de 6-12 esfuerzos muy cortos de 5 s son suficientes para mejorar el estatus antioxidante (Benítez et al. 2019).

Otro método de entrenamiento popular en la actualidad son los entrenamientos del tipo calisténico, en circuito con el propio peso o también llamados entrenamientos funcionales de alta intensidad (HIFT). Estos se caracterizan por movimientos multiarticulares que pueden adaptarse mejor a cualquier nivel de condición física, con la ventaja de que son fácilmente reproducibles y a menudo no se requiere equipamiento (Feito et al. 2018). Algunos de estos ejercicios son los escaladores, burpees, saltos, entre otros. En este sentido, este tipo de entrenamiento se presenta también como una buena estrategia tiempo/eficacia por ser interválico, pudiendo alcanzar importantes cambios en la capacidad cardiorrespiratoria (Buckley et al. 2015; Schaun et al. 2018). De esta manera, varios investigadores han examinado en poblaciones saludables y no saludables, los efectos de los programas basados en HIFT después de varias semanas de entrenamiento, demostrando una mejora significativa en el VO_2 max. También fue observado una disminución de la grasa corporal (Heinrich et al. 2012 y 2015), y un incremento en el contenido mineral óseo (Feito et al. 2018). Adicionalmente, se pueden realizar utilizando el peso corporal como resistencia, promoviendo el desarrollo de la fuerza del miembro superior e inferior (Klika y Jordan 2013). A su vez, el HIFT puede ser un estímulo muy completo planteándose objetivos como mejorar la coordinación, agilidad, equilibrio y precisión (Haddock et al. 2016).

2.3 Comparaciones agudas de Entrenamiento Interválico

Obtener una comprensión de las respuestas agudas a regímenes del tipo interválico en relación a protocolos convencionales de CT es importante, ya que las diferentes interacciones en los parámetros de carga interna-externa (volumen, intensidad media, duración y tipo de esfuerzo, duración y tipo de recuperación, etc.) provocan alteraciones agudas específicas en la homeostasis, que a su vez promueven adaptaciones biológicas longitudinalmente (Tschakert y Hofmann 2013).

Gist et al. (2014), compararon SIT en cicloergómetro con Burpees del tipo HIFT equiparados en tiempo y pausa/trabajo (4×30 s con recuperación activa de 4 min), encontrando que ambos protocolos mantenían un % de la FC pico similar. En otro estudio Williams y Kraemer (2015), cotejaron también un protocolo de SIT (3×30 s con descansos de 4 min) con un protocolo de kettlebell “all-out” (3 circuitos de 8×20 s con descansos de 10 s), ambos equiparados en tiempo total (~12 min). Demostraron que la FC media fue mayor durante el

protocolo kettlebell en relación al protocolo SIT. Sin embargo, la FC máxima fue mayor al final de cada intervalo del SIT. Además, hubo un mayor promedio en el GE total durante el kettlebell en comparación con el SIT.

Otro estudio que comparó un entrenamiento interválico con sandbag (3 series de 8×20 s con descansos de 10 s y 2 min de descanso entre serie) con dos protocolos de CT uno al 60% y otro al 80% del $VO_2\text{max}$ (16 min de duración c/u); encontró que en la sesión de sandbag la FC media y máxima fueron significativamente mayores que el protocolo CT al 60% del $VO_2\text{max}$, pero sin diferencias con el CT al 80% $VO_2\text{max}$ (Ratamess et al. 2018). Por otra parte, Schaun et al. (2017) enfrentaron un HIIT (8×20 s al 130% del $VO_2\text{max} \times 10$ s de recuperación) con CT (30 min al 90% del $VO_2\text{max}$), detectando que el CT presentó durante el entrenamiento un GE mayor en comparación con el protocolo HIIT. En un interesante estudio de Cipryan et al. (2017) se comparó la respuesta cardiorrespiratoria y metabólica aguda de diversos modos de entrenamiento, HIIT largo (4×3 min con pausas de 3 min), HIIT corto (21×30 s con pausas de 30 s) ambos al 100% del $VO_2\text{max}$, y CT (21 min al 50% del $VO_2\text{max}$). Se obtuvo como resultado que el HIIT largo y corto generaron una respuesta cardiovascular más alta (% de FC pico y FC media). De hecho, la variabilidad de la FC disminuyó drásticamente para ambas sesiones interválicas post-entrenamiento.

Algunos estudios recientes se centraron en analizar los efectos agudos de enfoques que incluían sprints muy cortos dados sus múltiples beneficios descritos previamente (Metcalf y Vollaard 2017). Por ejemplo, Eigendorf et al. (2019) ejecutaron un protocolo de HIIT (30 s \times 30 s de recuperación), otro protocolo de SIT (6 s \times 24 s de recuperación) y un protocolo de CT, donde todos los entrenamientos estaban igualados en relación a la intensidad media, y constaban de una duración de 45 min. Se evidenció que los tres modelos alcanzaban una FC, $VO_2\text{max}$ y tasa de intercambio respiratorio muy pareja en el transcurso de las sesiones. A su vez, Islam et al. (2017) trabajaron con un diseño de SIT modificado a 5 s, el cual provocó mayor demanda del VO_2 y GE durante el ejercicio, sin comprometer el GE post-ejercicio, en comparación con episodios más largos (es decir, 15 o 30 s). En el estudio de Benítez et al. (2018) se confrontó también sesiones de SIT muy cortos (5 s) vs. SIT largo (20 s) equiparados en volumen de tiempo (7 min 20 s), resultando que el SIT muy corto provocó una mayor respuesta cardiorrespiratoria y mecánica, menor Lactato, y una más rápida reactivación parasimpática.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Volviendo a la problemática inicial, la falta de tiempo es uno de los argumentos más nombrados para no adherirse a la AF habitual, y llevar una vida más saludable. En este sentido, según hallazgos previos, los protocolos de SIT o HIFT de bajo volumen podrían ser metodologías de entrenamiento eficaces a nivel cardiovascular, neuromuscular y morfológico, además adaptables a tiempos muy cortos y lugares diversos sin equipamientos complejos. A pesar de las virtudes descritas, no encontramos estudios que comparen agudamente las respuestas fisiológicas de estos protocolos entre sí sumando al CT, equiparando tipo de esfuerzos, tiempo por sesión y ratio pausa-trabajo. Al parecer de acuerdo con el estudio de Eigendorf et al. (2019), cuando la intensidad y el volumen es igual, no existen diferencias en el impacto metabólico entre propuestas de entrenamiento con una esencia heterogénea.

4. OBJETIVOS

4.1 General

- Describir las respuestas fisiológicas agudas mediante la FC en distintos protocolos de entrenamiento (SIT vs. BIT vs. CT) con un igual tiempo por sesión.

4.2 Específico

- Constatar si existen diferencias en el gasto energético entre protocolos (SIT vs. BIT vs. CT).
- Comparar las diferencias de tiempos en zonas de intensidad entre protocolos (SIT vs. BIT vs. CT).
- Comparar las diferencias en la RFC entre protocolos (SIT vs. BIT vs. CT).

5. HIPÓTESIS

El SIT, BIT y CT tendrán una respuesta cardiovascular similar por estar equiparada la carga inicial de entrenamiento.

6. RESEÑA METODOLÓGICA

6.1 Participantes

Un total de 22 sujetos participaron de este estudio. Doce mujeres y diez hombres, adultos jóvenes saludables moderadamente entrenados. Las características de los sujetos se presentan en la Tabla 1. Los criterios de inclusión para la participación se describen a continuación: (1) Estar libre de cualquier tipo de lesión musculoesquelética o enfermedad cardiometabólica; (2) Tener la ficha médica al día para realizar AF; (3) Ser adulto joven entre 18 y 35 años; (4) No consumir ningún tipo de suplemento nutricional o productos con tabaco.

A los participantes se les solicitó abstenerse de realizar ejercicio físico durante el período de intervención (10 días), así como de consumir alcohol por 48 h antes de todas las sesiones. También se les solicitó no ingerir bebidas energizantes (mate, café, etc.) en las mañanas previo a cada jornada de valoración. Por último, se le pidió que no cambien los hábitos de la vida diaria (trabajo, sueño, etc.).

Antes de comenzar con los procedimientos experimentales, los riesgos potenciales y beneficios fueron completamente explicados a todos los participantes quienes posteriormente, dieron su consentimiento informado. Este estudio se llevó a cabo de acuerdo con los principios estipulados en la Declaración de Helsinki. El Comité de Ética del Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República, Uruguay, aprobó el diseño del estudio (ID 2/2020).

Tabla 1. Características de los participantes.

VARIABLE	Media \pm DE
Edad (años)	23,1 \pm 3,8
Estatura (cm)	165,1 \pm 0,07
Peso (kg)	65,6 \pm 10,1
IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	24 \pm 2,3
Masa grasa (%)	28,1 \pm 7,4
Masa muscular (%)	33,2 \pm 6,3
Grasa visceral (%)	5,7 \pm 2,5
FCpico (pulsaciones $\cdot\text{min}^{-1}$)	195,2 \pm 5,8
VO ₂ max ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	42,7 \pm 6,3

6.2 Diseño del estudio

La siguiente investigación se basa en un modelo de campo que incorpora herramientas sencillas que pueden ser utilizadas con grupos grandes en una gran diversidad de condiciones. Los participantes completaron mediante un diseño cruzado aleatorizado, una sesión de valoraciones físicas y morfológicas de 2 h y tres sesiones de entrenamiento de 1 h, separadas por 48-72 h, en una pista oficial de atletismo pública de 400 m (Figura 1). Al comienzo del día 1, los sujetos llenaron documentos iniciales, y se les entregó un registro nutricional para completar antes del primer entrenamiento (Día 2). Posteriormente se recogieron diferentes medidas antropométricas.

Luego se ejecutó un test incremental maximal con fines de estimar el VO₂max y registrar la FCpico. De manera subsecuente, se hizo una familiarización con los protocolos y las valoraciones a realizar antes, durante y después de cada entrenamiento. Las valoraciones tuvieron tres componentes:

- (1) Fisiológico
- (2) Perceptivo
- (3) Neuromuscular

Asimismo, los entrenamientos fueron los siguientes:

- (1) Entrenamiento interválico de sprints (SIT);
- (2) Entrenamiento interválico de Burpees (BIT);
- (3) Entrenamiento continuo (CT).

Las sesiones se efectuaron mediante un orden aleatorio con volumen de tiempo total equiparado. Todos los experimentos se ejecutaron los siguientes días: viernes 9, miércoles 14,

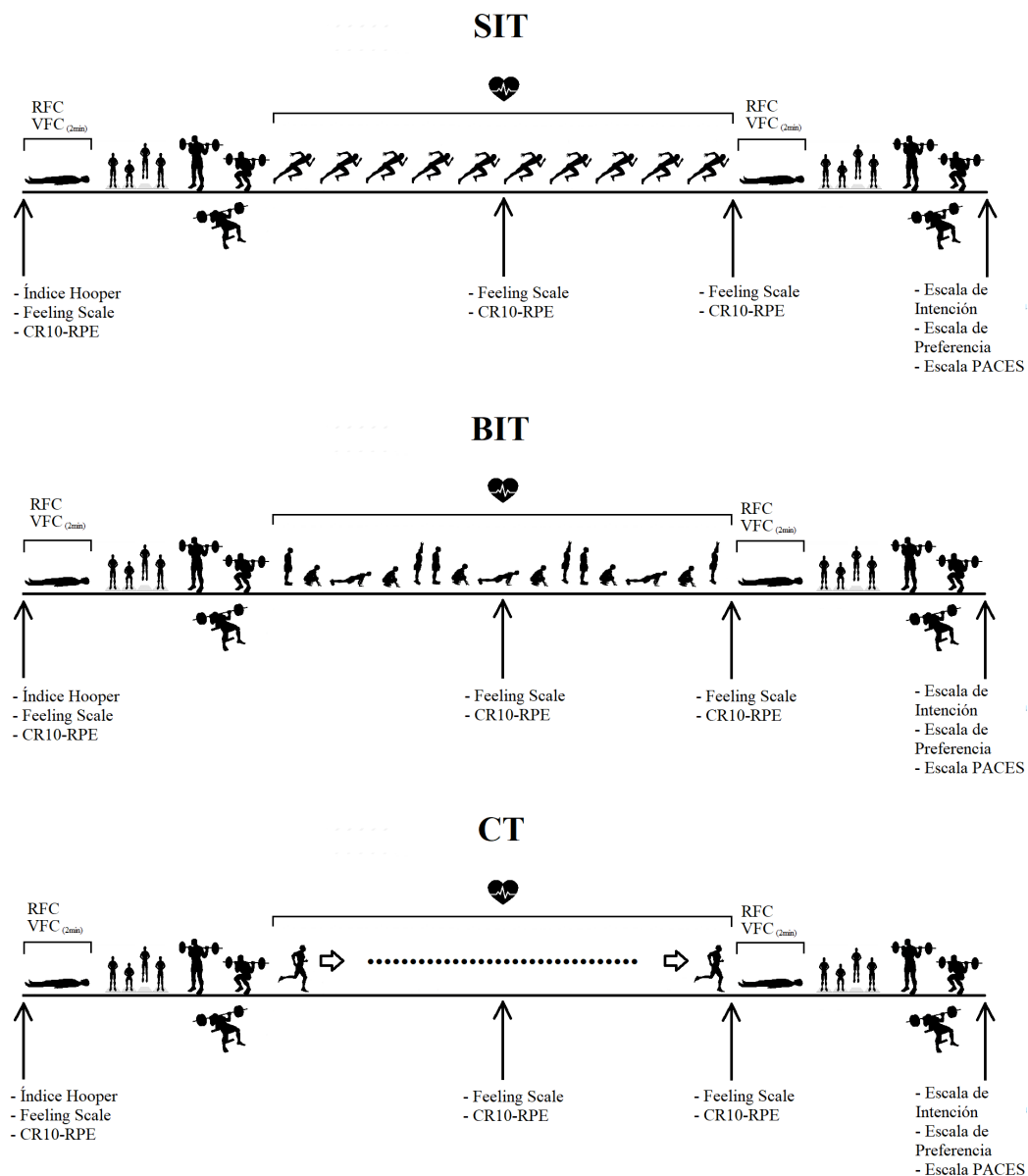
viernes 16 y lunes 19 de octubre del año 2020, en el horario de 8 a 13 h. A continuación, se detallan las condiciones climáticas en las que fueron realizados los procedimientos (Tabla 2). Los datos expuestos corresponden a un informe climatológico elaborado por el área de Dirección de Climatología Aplicada del Instituto uruguayo de meteorología (INUMET).

Tabla 2. Información meteorológica.

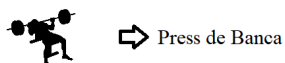
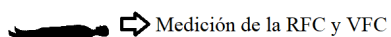
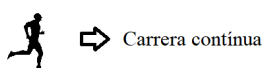
Fecha	Temperatura* (°C)	Humedad*(%)	Viento* (km/h)
Día 9/10/2020	14.5	63.9	14
Día 14/10/2020	17.1	76.0	5
Día 16/10/2020	19.8	69.8	14
Día 19/10/2020	22.5	73.2	15

*Nota: los datos expuestos corresponden a un promedio por día.

Figura 1. Diseño del estudio. Datos fisiológicos, perceptivos y neuromusculares que se recogieron antes, durante y después de cada entrenamiento.



REFERENCIAS



- **Índice Hooper** ⇨ Momento donde se midió con la Escala de Bienestar

- **Feeling Scale** ⇨ Momento donde se midió el estado afectivo

- **CR10-RPE** ⇨ Momento donde se midió con la Escala del Esfuerzo

- **Escala de Intención** ⇨ Momento donde se midió con la Escala de Intención

- **Escala de Preferencia** ⇨ Momento donde se midió con la Escala de Preferencia

- **Escala PACES** ⇨ Momento donde se midió con la Escala de Disfrute

6.3 Procedimientos

DÍA 1

Se convocaron cinco grupos de cuatro sujetos en intervalos de 60 minutos (8, 9, 10, 11, 12 h). Para comenzar se les solicitó que completaran el consentimiento informado y el formulario IPAQ, posteriormente se controló que tuvieran la ficha médica vigente.

Composición corporal

Se recogieron las siguientes medidas antropométricas: masa corporal, estatura, IMC, % masa grasa, % masa muscular, % grasa visceral. Estos datos se obtuvieron a través de un sensor digital de bioimpedancia (HBF-514C, OMRON, Kyoto, Japan).

Test incremental

El test utilizado fue el Course Navette, válido y fiable (García et al. 2014), que consiste en un test audible, incremental, continuo (sin pausas) máximo hasta la fatiga, de aceleración y desaceleración. Para la realización de este test, se les pidió a los participantes que corrieran el mayor tiempo posible entre dos líneas separadas por 20 m (ir y volver) siendo el ritmo de carrera impuesto por una señal sonora (reproductor de audio colocado cercanamente). Se alentó verbalmente a todos los individuos a ejercitarse hasta el agotamiento, finalizando el test cuando los sujetos de forma individual se detuvieron o cuando por dos veces consecutivas no llegaron a cubrir los 20 m al momento de la señal sonora. Para estimar el $VO_2\text{max}$ de adultos mayores de 18 años, utilizamos la fórmula propuesta por Leger et al. (1988): $VO_2\text{máx} = (6 \times \text{velocidad alcanzada}) - 27,4$.

Los participantes durante el test llevaron puesta una banda a la altura del esternón que monitoreó la FC todo el tiempo utilizando un software específico (Firstbeat Technologies Ltd, Jyväskylä, Finlandia). Al final del Course Navette se consideró el mayor dato obtenido de la FC como $FC\text{pico}$ de cada sujeto.

Familiarización

Para comenzar se ejecutaron 2-4 repeticiones del salto contramovimiento (CMJ). Para realizar el gesto, los participantes debieron ejecutar un movimiento de contramovimiento de las extremidades inferiores de aproximadamente 90°, para luego saltar y aterrizar en el mismo punto de despegue con las piernas extendidas (Markovic et al. 2004). Posteriormente se realizaron 3-5 repeticiones del ejercicio sentadilla y del press de banca con una carga submáxima definida por el 50% del peso corporal de cada participante en sentadilla (Benitez et al. 2019) y el 25% en press de banca. Esta carga fue seleccionada para no generar fatiga que pueda causar estrés excesivo y sub-optimizar el rendimiento de los protocolos (Doma et al. 2017). La diferencia de cargas en sentadilla y press de banca se debe a la disparidad de masa muscular y producción de fuerza entre en miembro inferior y superior en sujetos poco entrenados (LeSuer et al. 1997; Rodríguez-Rodríguez et al. 2010).

Para la realización del press de banca los sujetos iniciaron el ejercicio en decúbito supino, apoyando cabeza, espalda alta y glúteos sobre steps que funcionaron como banco, y pies sobre el suelo. Debieron sostener la barra con los brazos en extensión, con un agarre del ancho de los hombros, luego ejecutaron la fase excéntrica de manera controlada hasta que la barra se puso en contacto con el pecho, y finalmente debieron levantarla a una velocidad máxima durante la fase concéntrica hasta alcanzar la extensión completa de codos. En la ejecución se advirtió no hacer rebotes con la barra sobre el pecho, ni separar la espalda del banco (Pérez-Castilla et al. 2021).

Para la sentadilla libre, se colocó una banda elástica abajo en los soportes de la barra siendo la altura regulada manualmente según la estatura de cada participante, con el objetivo de estandarizar el movimiento (los muslos de los sujetos debían quedar paralelos al suelo). Los sujetos iniciaron el ejercicio en posición extendida con los pies separados al ancho de sus hombros y la barra sujeta por la espalda al nivel del músculo trapecio. Debieron realizar la fase excéntrica de forma controlada y continua hasta lograr tocar la banda elástica con los glúteos, de esta forma nos aseguramos que la profundidad de la sentadilla no haya tenido variaciones entre las repeticiones. Luego de esta fase descendente, realizaron una extensión completa de rodilla y de cadera a máxima velocidad, sin despegar los pies del suelo (fase concéntrica) (Pérez-Castilla et al. 2021).

Posteriormente, se llevó a cabo una familiarización con el protocolo de SIT (1-2 sprints de 5 s “all-out”), BIT (1-2 repeticiones de 5 s “all-out”) y CT (1-2 minutos a la velocidad de carrera del 85% de la FCpico). Todos los ejercicios fueron explicados y demostrados para una buena ejecución técnica. En el caso del protocolo BIT se tomó las consideraciones aportadas por Gist et al. (2014), pero se instrumentó una versión facilitada denominada medio Burpee

excluyendo del ejercicio la flexión de brazos. Así, el ejercicio incluyó las siguientes fases:

- (1) Desde la posición inicial de pie, el participante asume una posición en cuclillas apoyando ambas manos en el suelo.
- (2) Desde las cuclillas, se llevan los pies hacia atrás con brazos estirados y manos apoyadas en el piso.
- (3) El participante vuelve de nuevo a la postura en cuclillas con manos apoyadas y brazos extendidos.
- (4) El ciclo es completado por el participante volviendo a la posición vertical de pie, levantando sus brazos sobre la cabeza y efectuando un salto vertical.

Para finalizar, se mostraron las escalas a utilizar durante la aplicación de los modelos de entrenamiento.

DÍA 2, 3 y 4

Sesiones de entrenamiento

Se comenzó con una entrada en calor con una duración de 3 min, que consistió en trote a una velocidad autoseleccionada, para posteriormente ejecutar los tres protocolos de forma aleatoria según cada día. Con este propósito, previamente se efectuó un sorteo que determinaba que sesión tenía que completar cada participante:

- (1) SIT ($10 \times 5 \text{ s} \times 35 \text{ s}$ de recuperación pasiva) (Benítez et al. 2018). En este protocolo se realizaron carreras cortas a máxima velocidad tipo “all-out”. Los participantes debieron correr lo más rápido posible durante 5 s. Después de cada sprint y luego de la correspondiente recuperación, fueron advertidos para correr en la dirección opuesta. Se le indicó a cada sujeto que diera su máximo rendimiento mientras los investigadores brindaron motivación verbal.
- (2) BIT ($10 \times 5 \text{ s} \times 35 \text{ s}$ de recuperación pasiva). Para este protocolo se llevó a cabo el ejercicio Burpees, el cual ya fue presentado, incorporando un modo similar al de Gist et al. (2014). En el caso del BIT, se pidió realizar el ejercicio con la mayor velocidad posible respetando las indicaciones técnicas. De igual manera que la anterior condición, se brindó motivación verbal.

Tanto en el SIT como en el BIT, se controló el tiempo de las fases de trabajo/recuperación mediante cronómetro y se ejercieron señales auditivas hacia los participantes para indicar cada fase.

- (3) CT (6 min 5 s al 85% de la FCpico). En este protocolo se ejecutaron carreras continuas al 85% de la FCpico. Dicho cálculo se realizó a partir de los datos obtenidos con el Test Course Navette, y de esta manera se le propuso al participante mantener una intensidad constante.

Para poder cumplir con esto, se monitorizó la FC en tiempo real y se llevaron a cabo indicaciones auditivas para aumentar o disminuir la intensidad de carrera. A su vez, fueron alentados verbalmente para continuar con el ejercicio hasta el final.

Los parámetros de carga se seleccionaron en base a estudios previos (Islam et al. 2017; Benitez et al. 2018) donde se integran episodios “all-out” cortos debido a que son más tolerables. En efecto, se equiparó SIT y BIT en relación al modo de estímulo (multiarticular), ratio pausa/trabajo y tiempo total de ejercicio (6 min 5 s). Por otra parte, se aplicó este mismo volumen de tiempo para el CT. En adición, se escogió el 85% de la FC pico ya que datos actuales constataron que en sesiones de SIT modificado en pista se está en torno a este porcentaje (Benitez et al. 2020). La duración total de la sesión fue de 9 min 5 s (ejercicio + entrada en calor). Las pausas para los protocolos interválicos fueron pasivas, puesto que fue observado que facilitan la recuperación en poblaciones no atléticas (Buchheit y Laursen 2013) (Figura 1).

Variables Fisiológicas

En el SIT, BIT y CT, la FC se monitoreó continuamente a través de bandas pectorales y un sistema telemétrico (Firstbeat Technologies Ltd, Jyväskylä, Finlandia). Consecutivamente, se promedió y se exportó cada momento según el parámetro seleccionado:

- (1) Se registró la FC durante 2 min en reposo antes y después de cada condición para el análisis de la variabilidad de la FC (VFC) y recuperación de la FC (RFC) (post ejercicio, a los 60 y 120 s), estos registros de tiempo ultracortos han demostrado ser válidos, fiables y prácticos para rastrear cambios en la actividad simpatovagal (Esco et al. 2018). Se les pidió a los sujetos que se colocaran en posición decúbito supino y se relajaran durante este lapso de tiempo.
- (2) Se consideró las siguientes variables descritas de carga interna para el análisis del impacto de cada sesión: FCpico, FCmedia, %FC pico, FCmin, GE, tiempos en zona de intensidad (Tiempo \geq 70%FCpico, Tiempo \geq 80%FCpico, Tiempo \geq 90%FCpico).

Variables Neuromusculares (Datos no presentados en esta investigación)

Salto Contramovimiento

La altura, velocidad y potencia del CMJ se registró con el acelerómetro y giroscopio, válido y fiable PUSH band (Montalvo et al. 2021) (PUSH Pro System Band 2.0, Toronto, Canadá)

colocado en la parte baja de la espalda. Se realizaron dos repeticiones del CMJ, con 30 s de descanso entre repeticiones, antes y después de cada sesión de entrenamiento. Se calculó la media de los resultados para su posterior análisis.

Sentadilla

Antes y después de cada protocolo los participantes realizaron una serie de 5 repeticiones de sentadillas a velocidad máxima en la fase concéntrica, usando el test de Benitez et al. (2019). Se midió la potencia y velocidad con el dispositivo PUSH band (PUSH, Pro System, Band 2.0, Toronto, Canadá) colocado sobre uno de los laterales de la barra. Los valores medios y picos de la serie fueron arrojados en tiempo real siendo registrados luego por los investigadores. La carga utilizada en sentadilla fue del 50% del peso corporal de cada participante.

Press de banca

Antes y después de los protocolos los participantes realizaron también una serie de 5 repeticiones en press de banca. Como en el ejercicio anterior se solicitó efectuar la fase concéntrica a velocidad máxima. Se midió la potencia y velocidad del tren superior registrando los valores medios y picos de la serie, mediante el sistema descrito previamente (PUSH Pro System Band 2.0, Canadá). La carga utilizada fue del 25% del peso corporal de cada participante.

Variables Psicológicas (Datos no presentados en esta investigación)

Con el objetivo de cuantificar el impacto psicológico que provocó cada modalidad de entrenamiento se utilizaron diferentes escalas que se enumeran a continuación:

- (1) Se midió la percepción subjetiva usando la escala de esfuerzo percibido (CR10-RPE) (Day et al. 2004; Foster et al. 2021). La escala sirve para evaluar la percepción del esfuerzo en distintos tipos de ejercicios, validada con indicadores fisiológicos objetivos de la intensidad del ejercicio (Foster et al. 2021). Dicha escala está graduada numéricamente del 0 al 10, donde del 0 al 3 el esfuerzo es percibido como fácil, del 4 al 5 moderado y del 6 al 10 como duro (ver anexos).
- (2) Se usó para cuantificar el estado afectivo la “feeling scale”, la cual evalúa aspectos emocionales centrados en la dicotomía placer-displacer (Hardy y Rejeski 1989), a través

de una escala graduada numéricamente que va del +5 al -5 (correspondiendo al +5 la sensación “muy bien” y al -5 “muy mal”) (ver anexos).

Ambas escalas fueron mostrados a cada participante antes, durante y después de finalizar los protocolos.

- (3) Se empleó para evaluar el disfrute, una adaptación de la escala de disfrute en español (PACES) (Fernández et al. 2008), confiable y válida para medir dicho indicador en la AF. Esta escala presenta 6 ítems con frases en relación a la AF, en un formato de afirmaciones bipolares (ej.: me aburre versus me interesa) que oscila desde el valor mínimo que es 1, al valor máximo que es 7. De la escala se obtiene una puntuación total, a través del sumatorio de todos sus ítems, de los cuales los ítems 1, 3, 4 y 6 son de inversión de puntuación (ver anexos). Esta escala fue utilizada 20 minutos después de finalizar cada protocolo.
- (4) Se aplicó la escala de Intención (Jung et al. 2014) para indagar sobre la intención de los sujetos de continuar con los entrenamientos durante el próximo mes, realizando los protocolos tres veces o cinco veces por semana. La escala va del 1 al 7, donde el 1 significa “muy improbable” y el 7 “muy probable” (ver anexos).
- (5) Se usó la escala de preferencia (Jung et al. 2014) para cuantificar la inclinación de los sujetos por cada protocolo. Esta escala está compuesta por 7 puntos, donde el 1 indica extremadamente a disgusto, el 4 neutro y el 7 extremadamente a gusto (ver anexos).

Dichas escalas fueron enseñadas a cada participante 20 minutos después de culminados los tres protocolos al final de la experimentación.

- (6) Por último, para medir el grado de fatiga, dolor muscular, sueño y estrés de los sujetos, a las 48 h post-sesión se utilizó el Hooper índice (HI) (Hooper et al. 1995). Se dieron a conocer estos cuatro ítems y cada sujeto hizo una valoración del 1 a 7, donde el 1 se corresponde con muy, muy bajo (muy, muy bueno en el caso del sueño) y el 7 corresponde con muy, muy alto (muy, muy malo en el caso del sueño).

Ingesta alimentaria

Los participantes recibieron un formulario donde registraron todos los alimentos y bebidas ingeridas 24 h antes de la primera sesión de entrenamiento, para luego replicarlo en los siguientes días previo a las sesiones estipuladas.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm DE. Los resultados se analizaron mediante ANOVA de medidas repetidas (unidireccional) para comparar los protocolos. Se usó la prueba de esfericidad de Mauchly. Se probó la esfericidad de Mauchly y si la esfericidad no podía ser asumida se utilizó la corrección Greenhouse-Geisser. Para las comparaciones por pares fue utilizada la corrección de Bonferroni. Los tamaños de los efectos se calcularon utilizando η^2 para examinar la magnitud de las diferencias entre las tres sesiones (≤ 0.20 como un efecto pequeño, 0.50-0.80 un efecto medio y ≥ 0.80 como efecto grande). En todos los casos, el nivel alfa se estableció en $p < 0.05$. En las tablas se presentan los resultados de los ANOVA y en las figuras los post-hoc. Se utilizaron para los análisis el IBM SPSS (23.0, Armonk, NY, USA) y para las figuras GraphPad Prism (6.01, San Diego, CA, USA).

7. RESULTADOS

Por motivos personales dos participantes de sexo femenino abandonaron el estudio luego del primer día de recolección de datos. Otros dos sujetos, de sexo masculino y femenino, abandonaron el estudio por lesiones deportivas (esguince de tobillo externo y desgarró del recto femoral) en el transcurso del protocolo de SIT. De esta manera, quedaron 18 participantes (9 mujeres y 9 hombres). Además, uno de ellos, tuvo una sensación de malestar e intención de vomitar a lo largo de la sesión de SIT pero logró culminar. El resto de los participantes lograron completar todas las sesiones de entrenamiento propuestas. No se perdieron datos en ninguno de ellos.

En primer lugar, las comparaciones entre las tres condiciones señalaron diferencias en las siguientes variables: FCmax, FCmed, FCmin, %FCpico, GE, Tiempo $\geq 70\%$ FCpico(s), Tiempo $\geq 90\%$ FCpico(s), RFC post, RFC 60 s, RFC 120 s ($p < 0,01$) (Tabla 3).

Tabla 3 – Variables fisiológicas después de cada sesión de entrenamiento.

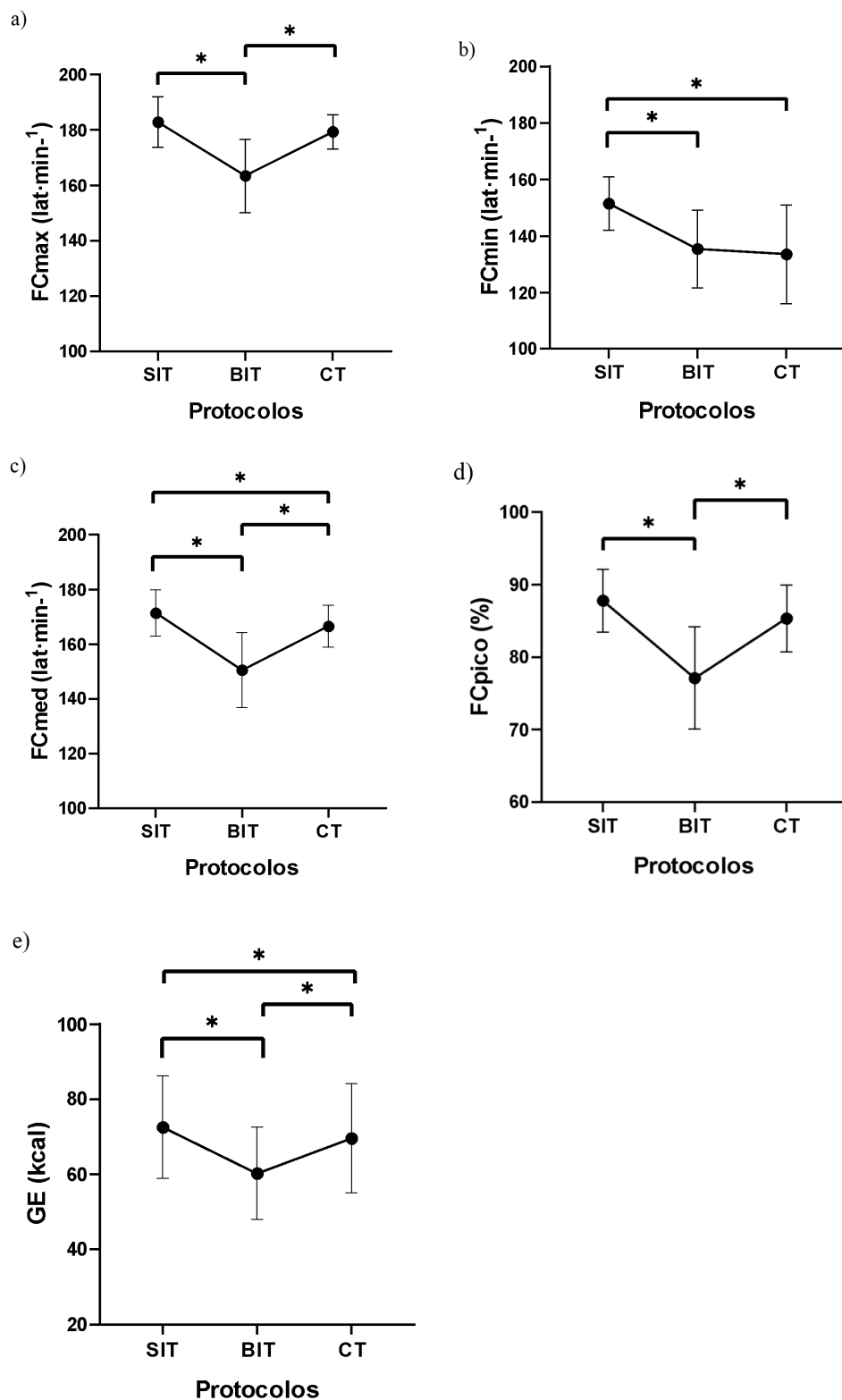
	SIT	BIT	CT	ANOVA
FCmax (lat·min⁻¹)	182,8 ± 9,1 178,3 – 187,36	163,4 ± 13,3 156,8 – 170,0	179,3 ± 6,1 176,3 – 182,4	p < 0,01 eta ² = 0,71
FCmed (lat·min⁻¹)	171,3 ± 8,5 167,1 – 175,5	150,5 ± 13,6 143,7 – 157,3	166,5 ± 7,6 162,7 – 170,3	p < 0,01 eta ² = 0,44
FCmin (lat·min⁻¹)	151,5 ± 9,4 146,8 – 156,2	135,4 ± 13,8 128,5 – 142,2	133,5 ± 17,4 124,8 – 142,2	p < 0,01 eta ² = 0,68
%FCpico	87,8 ± 4,3 85,6 – 90,0	77,1 ± 7,03 73,6 – 80,6	85,3 ± 4,6 83,1 – 87,6	p < 0,01 eta ² = 0,68
GE (kCal)	72,5 ± 13,7 65,7 – 79,3	60,2 ± 12,2 54,1 – 66,3	69,6 ± 0,92 62,3 – 76,8	p < 0,01 eta ² = 0,54
Tiempo≥70%FCpico (s)	26,7 ± 51,3 1,1 – 52,2	150,0 ± 105,4 97,6 – 202,4	33,3 ± 30,7 18,1 – 48,6	p < 0,01 eta ² = 0,49
Tiempo≥80%FCpico (s)	200,0 ± 110,8 144,9 – 255,1	136,7 ± 124,8 74,6 – 198,7	193,3 ± 97,7 144,7 – 241,9	p = 0,21 eta ² = 0,08
Tiempo≥90%FCpico (s)	133,3 ± 117,4 74,9 – 191,7	10,0 ± 42,4 -11,1 – 31,1	110,0 ± 128,9 45,9 – 174,1	p < 0,01 eta ² = 0,41
RFC post (lat·min⁻¹)	177,0 ± 10,6 171,8 – 182,3	155,5 ± 15,1 148,0 – 163,1	176,8 ± 7,7 173,0 – 180,6	p < 0,01 eta ² = 0,68
RFC 60 s (lat·min⁻¹)	143,8 ± 11,1 138,2 – 149,3	106,2 ± 20,0 96,2 – 116,1	122,7 ± 10,1 111,5 – 126,2	p < 0,01 eta ² = 0,74
RFC 120 s (lat·min⁻¹)	122,7 ± 10,1 117,7 – 127,7	97,5 ± 18,6 88,2 – 106,8	106,0 ± 11,4 100,4 – 111,7	p < 0,01 eta ² = 0,72

M±SD (95%CI). SIT=entrenamiento interválico de sprints; BIT=entrenamiento interválico de Burpees; CT=entrenamiento continuo; FCmax= frecuencia cardiaca máxima; FCmed= frecuencia cardiaca media; FCmin=frecuencia cardiaca mínima; GE=gasto energético; RFC= recuperación de la frecuencia cardíaca.

En segundo lugar, las comparaciones ejecutadas grupo \times grupo en el post-hoc indicaron diferencias en las siguientes variables:

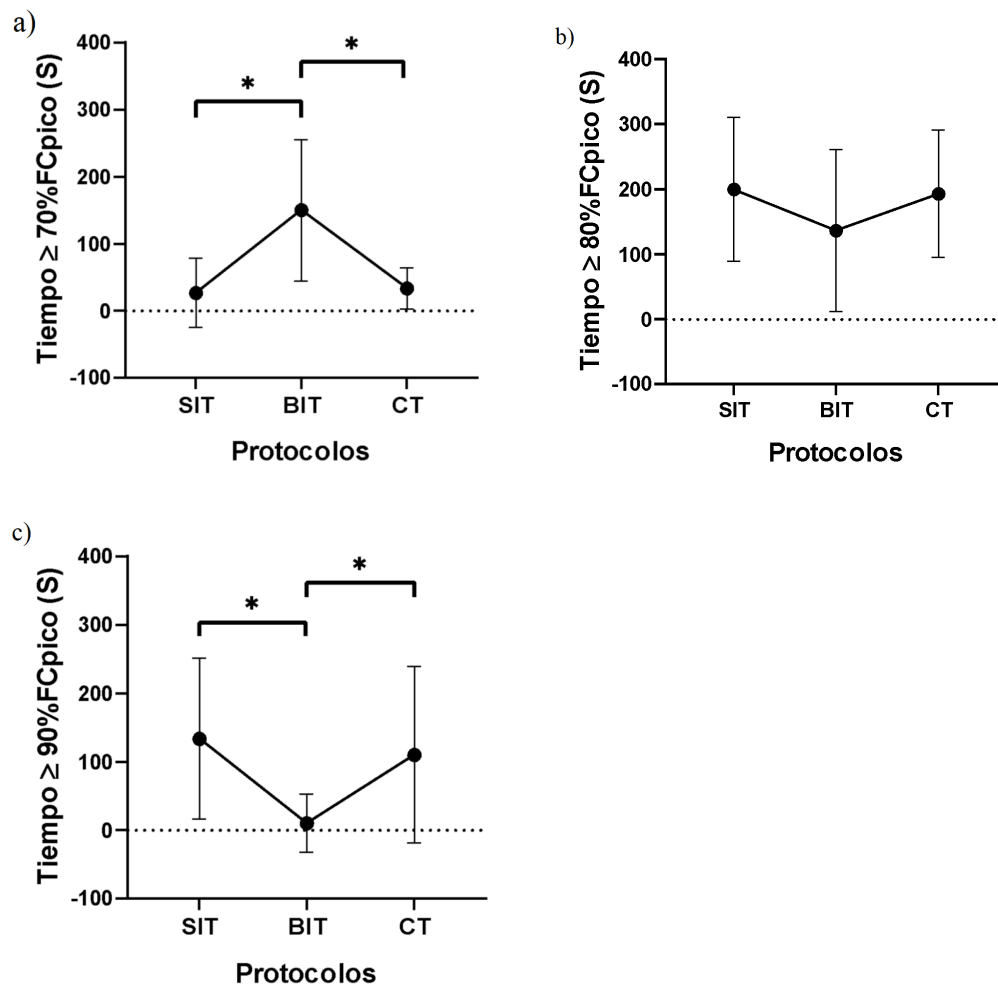
- (1) FCmax: En el SIT y el CT se detectó un mayor valor que en BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 2a).
- (2) FCmed: Todos los protocolos fueron diferentes siendo SIT > CT > BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 2c).
- (3) FCmin: En el SIT se notó un mayor valor que en BIT y CT ($p \leq 0,05$) (Figura 2b)
- (4) %FCpico: En el SIT y el CT se detectó un mayor valor que en BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 2d)
- (5) GE: Todos los protocolos fueron diferentes siendo SIT > CT > BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 2e)
- (6) Tiempo en zona $\geq 70\%$ FCpico: En el SIT y el CT se detectó un menor valor que en BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 3a)
- (7) Tiempo en zona $\geq 90\%$ FCpico: En el SIT y el CT se detectó un mayor valor que en BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 3c)
- (8) RFC 60s: Todos los protocolos fueron diferentes siendo SIT > CT > BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 4b)
- (9) RFC 120s: Todos los protocolos fueron diferentes siendo SIT > CT > BIT ($p \leq 0,05$) (Figura 4c)

Figura 2. Diferencias en la frecuencia cardíaca (FC) y gasto energético (GE) entre protocolos.



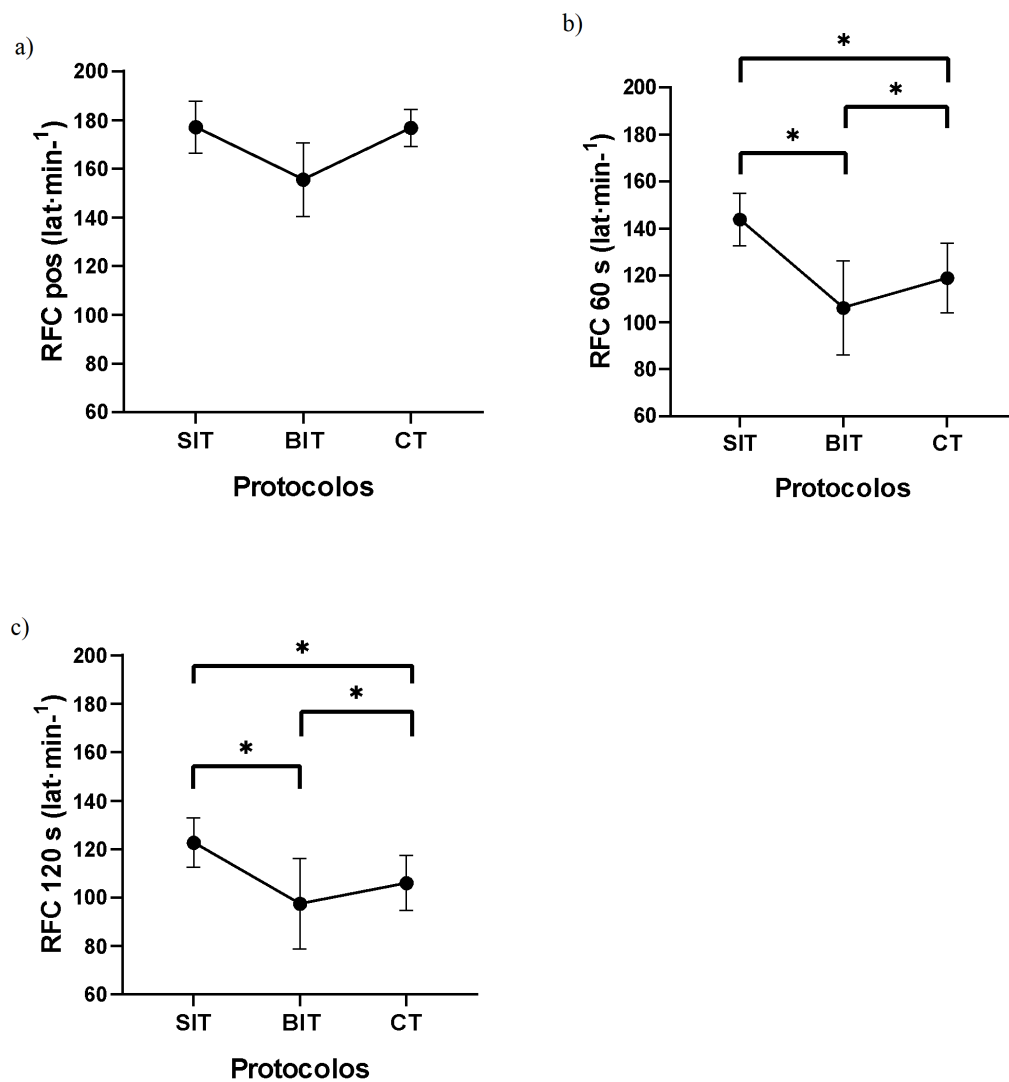
SIT=Entrenamiento interválico de Sprint; BIT=Entrenamiento interválico de Burpees; CT=Entrenamiento continuo; a) FCmax; b) FCmín; c) FCmed; d) %FCpico; e) GE. * $p \leq 0.05$.

Figura 3. Diferencia de tiempos en zonas de intensidad entre protocolos.



SIT=Entrenamiento interválico de Sprint; BIT=Entrenamiento interválico de Burpees; CT=Entrenamiento continuo; a) Tiempo $\geq 70\%$ FCpico(s); b) Tiempo $\geq 80\%$ FCpico(s); c) Tiempo $\geq 90\%$ FCpico (s).

Figura 4. Diferencia de la recuperación de la frecuencia cardíaca (RFC) entre protocolos.



SIT=Entrenamiento interválico de Sprint; BIT=Entrenamiento interválico de Burpees; CT=Entrenamiento continuo; a) post ejercicio b) 60s post ejercicio c) 120s post ejercicio.

8. DISCUSIÓN

El objetivo del estudio en cuestión fue indagar sobre los efectos cardiovasculares agudos provocados por tres protocolos de entrenamiento intenso (SIT, BIT y CT) en adultos jóvenes sanos. Se equiparó SIT y BIT en relación al modo de estímulo (multiarticular), ratio pausa/trabajo y tiempo total de ejercicio (6 min 5 s). Por otra parte, se aplicó este mismo volumen de tiempo para el CT; este es un elemento importante ya que la mayor parte de trabajos que aplicaron comparaciones semejantes no equipararon la carga, y en muchas ocasiones se utilizó un CT de muy baja intensidad. Nuestro trabajo demostró bajo condiciones de “mundo-real”, que en diversos parámetros el SIT y CT provocaron una mayor demanda cardiovascular que el BIT. Además, el SIT fue el enfoque que tuvo una RFC más retrasada lo que puede indicar un mayor estrés general a lo largo de la sesión. De hecho, esto se vio reflejado por un superior GE acumulado durante el entrenamiento para esta modalidad en relación al BIT y el CT.

Al hablar del estudio de Gist et al. (2014), el cual comparó SIT clásico en cicloergómetro con Burpees del tipo HIFT equiparados en tiempo y pausa/trabajo, se encontró que ambos protocolos mantenían un % de la FCpico similar durante la sesión. Curiosamente en nuestro estudio encontramos que el % FCpico fue mayor en el SIT comparado con el BIT (Figura 2d). Aunque ambos diseños utilizaron esfuerzos del tipo “all-out”, el trabajo de Gist et al. (2014) incorporó episodios largos de 30 s e incluyó distintas pausas entre los modelos (es decir: bicicleta vs. steps). De esta manera, este puede ser uno de los motivos de las discrepancias. Igualmente hay que destacar, que en dicho estudio la FC alcanzó un valor a lo largo de las sesiones similar a nuestro SIT (~85% de la FC pico), lo que demuestra que los esfuerzos cortos pueden ser un óptimo estímulo cardiorrespiratorio siendo más tolerables (Metcalf y Vollaard 2017). Por otra parte, resultados diferentes encontraron Williams y Kraemer (2015), quienes cotejaron un protocolo de SIT con un protocolo de kettlebell “all-out”, ambos equiparados en tiempo total (~12 min). Así, demostraron que la FCmedia y el GE fueron mayores durante el protocolo kettlebell en relación al SIT. En contradicción, nuestro estudio presentó un mayor GE en SIT comparado con el BIT. Dicho GE fue bastante menor que estudios previos con SIT corto (~72 vs. ~102 kcal) posiblemente por la integración de un menor número de episodios (Benítez et al. 2018). Es importante resaltar que la mayor parte del GE en este tipo de abordajes se consigue post-ejercicio (EPOC), debido a la estabilización del metabolismo y la regeneración de fuentes energéticas (Townsend et al. 2017). En relación a este hallazgo es importante mencionar que nuestro cálculo puede tener la limitación de que no fue hecho mediante el control directo del

VO₂max.

En otra comparación, Ratamess et al. (2018) efectuó un entrenamiento interválico (3 series de 8 × 20 s) con sandbag comparándolo con dos protocolos continuos uno al 60% y otro al 80% del VO₂max. Dichos investigadores, evidenciaron que en la sesión de sandbag la FCmed y la FCmax no presentó diferencias significativas con el CT al 80% VO₂max. Inversamente, en nuestro estudio encontramos que el protocolo de CT presentó una FCmed y FCmax superior al BIT. Estas divergencias con nuestros datos pueden ser por la sobrecarga impuesta para los ejercicios funcionales (entre 20-48 kg), mientras que nosotros usamos sólo el propio peso corporal.

Otro interesante estudio de Cipryan et al. (2017) comparó la respuesta cardiorrespiratoria y metabólica aguda de diversos modos de entrenamiento en cinta de correr, HIIT largo, HIIT corto ambos al 100% del VO₂max, y CT al 50% del VO₂max. Se obtuvo como resultado que el HIIT largo y corto generaron claramente una respuesta cardiovascular más alta (% de FCpico y FCmed). De igual modo, en nuestro estudio fue el SIT el que obtuvo una FCmed mayor al CT, sin embargo, no vislumbramos diferencias significativas en el % FCpico entre SIT y CT. Estos resultados pueden deberse a que uno de los objetivos centrales en nuestro estudio fue incluir CT de alta intensidad para que los estímulos sean comparables en carga interna y externa.

Con respecto a la RFC, en el estudio de Benitez et al. (2018) se encuentra que los sprints muy cortos (5 s) suelen favorecer la RFC por su menor nivel de fatiga periférica en el transcurso del entrenamiento en comparación con los sprint largos (20 s). Igualmente, Cipryan et al. (2017) comparando HIIT de 30 s vs. 3 min con CT, detectaron que los intervalos largos inducían una reactivación parasimpática más progresiva. En este sentido, nuestro estudio compara la RFC entre SIT, BIT y CT con la misma duración de la sesión (~9 min 5 s). Encontramos que el BIT obtuvo una superior RFC tanto a los 60 s como a los 120 s de culminado el protocolo, en comparación con SIT y CT (efecto medio; $\eta^2 \approx 0,70$). Esto podría deberse a que el BIT fue el protocolo menos estresante a nivel cardiovascular, con una menor demanda de la vía simpática, haciendo que los valores de la FC sean más bajos y generando de esta manera una reactivación vagal más veloz. No conocemos al día de hoy, si existen comparaciones con medidas de RFC o VFC tomando en consideración HIFT, por lo que nuestro trabajo puede ser relevante para prescribir entrenamiento en el campo bajo esta modalidad. Finalmente, el protocolo SIT fue el que más afectó la vía simpática, obteniendo una RFC más lenta que CT y BIT (Figura 4). Esta información puede indicar una mayor contribución anaeróbica donde el metaborrelejo es el determinante más importante de la RFC post- ejercicio durante propuestas de alta intensidad (Buchheit y Laursen 2013).

Por otro lado, notamos que el SIT y el CT fueron los protocolos que acumularon más tiempo en la zona de mayor intensidad $\geq 90\%$ FCpico, mientras que el BIT resultó ser el protocolo con más tiempo en la zona de menor intensidad $\geq 70\%$ FCpico. Estos datos son de suma relevancia para identificar posibles beneficios a largo plazo a nivel cardiovascular de diversas modalidades con bajo volumen; dado que los ejercicios que acumulan más tiempo en zonas de alta intensidad, suelen alcanzar un mayor gasto cardíaco máximo, lo que lo convierte en un rango de intensidad idóneo para potenciar adaptaciones centrales en diversas poblaciones (Lopez y Vicente 2018).

9. CONCLUSIÓN

Los resultados provistos en nuestra investigación demostraron que el protocolo de SIT generó un estrés cardiovascular más elevado en comparación con los protocolos de CT, y principalmente de BIT. Especulamos que esto podría generar mejoras a largo plazo en el estado cardiovascular al optar por esta modalidad de entrenamiento, aunque estudios crónicos son necesarios. A diferencia de nuestra hipótesis, los protocolos SIT y CT presentaron diferencias significativas al BIT. De esta manera, estos protocolos pueden ser una herramienta de fácil implementación para los entrenadores que necesiten regular los efectos de la AF en periodos cortos de tiempo. Sin embargo, habría que tener cierto resguardo y progresividad con la aplicación de SIT, ya que dos participantes sufrieron lesiones, mientras que otro tuvo una sensación de malestar. Futuras investigaciones deberían corroborar estas respuestas en situaciones del mundo real con otras variantes de ejercicio calisténico. Adicionalmente, constatar si similares efectos suceden en poblaciones clínicas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., Fenning, A. S. (2016). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, *bjsports-2015* DOI:[10.1136/bjsports-2015-095841](https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841)

-Bauman, A. E., Reis, R. S., Sallis, J. F., Wells, J. C., Loos, R. J., Martin, B. W., & Lancet Physical Activity Series Working Group (2012). Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not?. *Lancet (London, England)*, *380*(9838), 258–271. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60735-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60735-1)

-Benitez, S. (2020). Efectos de diferentes modos de entrenamiento intenso mediante esfuerzos muy cortos en las adaptaciones físicas y fisiológicas de adultos jóvenes. *Universidade Católica de Brasília - UCB Biblioteca digital de tesis y disertaciones*

-Benitez, S., Magallanes, C., Gómez, M., Lima-Alberton, C. (2020) Acute physiological effects of three comparable training protocols applied on real-world conditions. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/345622316>

-Benitez, S., de Sousa, A. F. M., da Cunha Totó, E. C., Rosa, T. S., Del Rosso, S., Foster, C., & Boullosa, D. A. (2018). Shorter sprints elicit greater cardiorespiratory and mechanical responses with less fatigue during time-matched sprint interval training (SIT) sessions. *Kinesiology*, *50*(2), 137-148.

-Benítez, S., Medeiros, A. R., Voltarelli, F. A., Iglesias-Soler, E., Doma, K., Simões, H. G., Rosa, T. S., & Boullosa, D. A. (2019). Combined effects of very short "all out" efforts during sprint and resistance training on physical and physiological adaptations after 2 weeks of training. *European journal of applied physiology*, *119*(6), 1337–1351. DOI:[10.1007/s00421-019-04125-6](https://doi.org/10.1007/s00421-019-04125-6)

-Brazo-Sayavera, J., Mielke, G. I., Olivares, P. R., Jahneka, L., & Silva, C. M. (2018). Descriptive Epidemiology of Uruguayan Adults' Leisure Time Physical Activity. *International journal of environmental research and public health*, *15*(7), 1387.

DOI:[10.3390/ijerph15071387](https://doi.org/10.3390/ijerph15071387)

-Buchheit, M., Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(10), 927-954. DOI:[10.1007/s40279-013-0029-x](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x)

-Buckley, S .; Knapp, K .; Lackie, A .; Lewry, C .; Horvey, K .; Benko, C .; Trinh, J .; Butcher, S (2015). Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Apl. Physiol. Nutr. Metab.*, 40 , 1157–1162 DOI:[10.1139/apnm-2015-0238](https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0238)

-Borg, G. (1985). An introduction to Borgs RPE scale. *Movement Publications*, Ithaca, New York.

-Camarota, R. (2015). El ausentismo laboral de causa médica en la policía nacional uruguaya. *Biomedicina*, 10(1), 34-53.

-Cipryan L, Tschakert G, Hofmann P. (2017) Acute and Post-Exercise Physiological Responses to High-Intensity Interval Training in Endurance and Sprint Athletes. *J Sports Sci Med.* 1;16(2):219-229. PMID: 28630575; PMCID: PMC5465984.

-Conn VS, Hafdahl AR, Cooper PS, Brown LM, Lusk SL. (2009) Meta-analysis of workplace physical activity interventions. *Am J Prev Med.* Oct;37(4):330-9. doi: 10.1016/j.amepre.2009.06.008. DOI: [10.1016/j.amepre.2009.06.008](https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.06.008)

-Day, ML., McGuigan, MR., Brice, G., Foster, C. (2004) Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*, 18(2), 353-8. DOI: [10.1519/R-13113](https://doi.org/10.1519/R-13113)

-Ding, D., Lawson, K. D., Kolbe-Alexander, T. L., Finkelstein, E. A., Katzmarzyk, P. T., Van Mechelen, W., ... & Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committee. (2016). The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *The Lancet*, 388(10051), 1311-1324. DOI: [10.1016/S0140-6736\(16\)30383-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30383-X)

-Doma, K., Deakin, G., Bentley, D. (2013) Implications of Impaired Endurance Performance following Single Bouts of Resistance Training: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports Med*, 47(11), 2187-2200. DOI: [10.1007/s40279-017-0758-3](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0758-3).

- Dudley GA, Abraham WM, Terjung RL. (1982) Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982 Oct;53(4):844-50. doi: 10.1152/jappl.1982.53.4.844. PMID: 6295989. DOI:[10.1152/jappl.1982.53.4.844](https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.4.844)
- Eigendorf J, Maassen M, Apitius D, Maassen N. (2019) Energy Metabolism in Continuous, High-Intensity, and Sprint Interval Training Protocols With Matched Mean Intensity. *J Strength Cond Res.. Epub ahead of print*. PMID: 31714453. DOI:[10.1519/JSC.0000000000003308](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003308)
- Emberts, T., Porcari, J., Dobers-Tein, S., Steffen, J., & Foster, C. (2013). Exercise intensity and energy expenditure of a tabata workout. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 612–613.
- Esco, MR., Williford, HN., Flatt, AA., Freeborn, TJ., Nakamura, FY. (2018) Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. *Eur J Appl Physiol*, 118(1),175-184. DOI: [10.1007/s00421-017-3759-x](https://doi.org/10.1007/s00421-017-3759-x).
- Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. (2018) High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports (Basel)*. Aug 7;6(3):76. doi: 10.3390/sports6030076. DOI: [10.3390/sports6030076](https://doi.org/10.3390/sports6030076)
- Feito Y, Hoffstetter W, Serafini P, Mangine G. (2018) Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. *PLoS One*.15;13(6):e0198324. DOI: [10.1371/journal.pone.0198324](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198324)
- Fernández García, E., Sánchez Bañuelos, F., Salinero Martín, J. J. (2008). Validación y adaptación de la escala PACES de disfrute con la práctica de la actividad física para adolescentes españolas. *Psicothema*, 20(4), 890-895. Recuperado a partir de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18940099/>
- Fiuza-Luces, C., Garatachea, N., Berger, N. A., & Lucia, A. (2013). Exercise is the real polypill. *Physiology (Bethesda, Md.)*, 28(5), 330–358. DOI: [10.1152/physiol.00019.2013](https://doi.org/10.1152/physiol.00019.2013)
- Foster, C., Boullosa, D., McGuigan, M., Fusco, A., Cortis, C., Arney, B. E., Orton, B., Dodge, C., Jaime, S., Radtke, K., van Erp, T., de Koning, J. J., Bok, D., Rodriguez-Marroyo,

J. A., & Porcari, J. P. (2021). 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *International journal of sports physiology and performance*, 1–10. Advance online publication. DOI: [10.1123/ijsp.2020-0599](https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0599)

-García, G. y Secchi, J. (2014). Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto.

Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(183), 93-103. DOI: [10.1016/j.apunts.2014.06.001](https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001)

-Gibala, M. J., & Hawley, J. A. (2017). Sprinting toward fitness. *Cell metabolism*, 25(5), 988-990. DOI: [10.1016/j.cmet.2017.04.030](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.030)

-Gibala, MJ y McGee, SL (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?, *Exerc Sport Sci Rev* 36 (2), 58-63. DOI: [10.1097/JES.0b013e318168ec1f](https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318168ec1f)

-Gibala, MJ y Little, JP (2020). Physiological basis of brief and vigorous exercise to improve health. *Journal of Physiology*, 598 (1), 61-69. DOI: [/10.1113/jp276849](https://doi.org/10.1113/jp276849)

-Gibala, M. J., Gillen, J. B., & Percival, M. E. (2014). Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S127–S137. DOI: [10.1007/s40279-014-0259-6](https://doi.org/10.1007/s40279-014-0259-6)

-Gist, NH., Fedew, M. V., Dishman, R. K., and Cureton, K. J. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 44, 269–279. DOI: [10.1007/s40279-013-0115-0](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0115-0)

-Gist NH, Freese EC, Cureton KJ. (2014) Comparison of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. *J Strength Cond Res.*;28(11):3033-40. DOI: [10.1519/JSC.0000000000000522](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000522)

-Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016. *The Lancet Global Health*. DOI: [10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)

-Haddock CK, Poston WSC, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N. (2016) The Benefits of moreHigh Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Mil Med* DOI: [10.7205/MILMED-D-15-00503](https://doi.org/10.7205/MILMED-D-15-00503)

- Hardcastle, S. J., Ray, H., Beale, L., & Hagger, M. S. (2014). Why sprint interval training is inappropriate for a largely sedentary population. *Frontiers in psychology*, 5, 1505. DOI:[10.3389/fpsyg.2014.01505](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01505)
- Hardy, C. J. & Rejeski, W. J. (1989). Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *Journal of sport and exercise psychology*, 11(3), 304-317. DOI:[10.1123/jsep.11.3.304](https://doi.org/10.1123/jsep.11.3.304)
- Heinrich, K. M., Becker, C., Carlisle, T., Gilmore, K., Hauser, J., Frye, J., & Harms, C. A. (2015). High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. *European journal of cancer care*, 24(6), 812-817. DOI: [10.1111/ecc.12338](https://doi.org/10.1111/ecc.12338)
- Heinrich, K. M., Spencer, V., Fehl, N., & Carlos Poston, W. S. (2012). Mission essential fitness: comparison of functional circuit training to traditional Army physical training for active duty military. *Military medicine*, 177(10), 1125-1130. DOI: [10.1186/1471-2458-14-789](https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-789)
- Hooper SL, Mackinnon LT, Howard A, Gordon RD, Bachmann AW (1995) Markers for monitoring overtraining and recovery. *Med Sci Sports Exerc*, 27(1), 106-12. PMID: 7898325. DOI:[10.1249/00005768-199501000-00019](https://doi.org/10.1249/00005768-199501000-00019)
- Islam H, Townsend LK, Hazell TJ.(2017) Modified sprint interval training protocols. Part I. Physiological responses. *Appl Physiol Nutr Metab*, 42(4), 339-346. DOI:[10.1139/apnm-2016-0478](https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0478).
- Jung ME, Bourne JE, Little JP. (2014) Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate- and continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. *PLoS One*, 8;9(12), e114541. DOI:[10.1371/journal.pone.0114541](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114541).
- Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. (1998) The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. Summer, 6(2), 93-101.

DOI:[10.1080/02640418808729800](https://doi.org/10.1080/02640418808729800).

-LeSuer, D. A., McCormick, J. H., Mayhew, J. L., Wasserstein, R. L., & Arnold, M. D. (1997). The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(4), 211-213. DOI: [10.1519/00124278-199711000-00001](https://doi.org/10.1519/00124278-199711000-00001)

-López Bueno, R., Casajús Mallén, J. A., & Garatachea Vallejo, N. (2020). La actividad física como herramienta para reducir el absentismo laboral debido a enfermedad en trabajadores sedentarios: Una revisión sistemática. *Revista Española de Salud Pública*, 92, e201810071.

-López, C., Vicente, D. (2018) HIIT de la teoría a la práctica *Editorial: El autor*. País: España. ISBN: 978-84-09-00923-7

-Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. (2004) Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res*,18(3), 551-5. DOI:[10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2).

-Montalvo, S., Gonzalez, M. P., Dietze-Hermosa, M. S., Eggleston, J. D., & Dorgo, S. (2021). Common Vertical Jump and Reactive Strength Index Measuring Devices: A Validity and Reliability Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, DOI:[10.1519/JSC.0000000000003988](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003988).

-Moore, S. C., Patel, A. V., Matthews, C. E., Berrington de Gonzalez, A., Park, Y., Katki, H. A., Linet, M. S., Weiderpass, E., Visvanathan, K., Helzlsouer, K. J., Thun, M., Gapstur, S. M., Hartge, P., & Lee, I. M. (2012). Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. *PLoS medicine*, 9(11), e1001335. DOI: [10.1371/journal.pmed.1001335](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001335)

-Observatorio Nacional de Deporte. Encuesta sobre Hábitos Deportivos y Actividad Física. Opción Consultores, 2019. Artículo Digital. Se consigue URL: <https://www.gub.uy/secretaria-nacional-deporte/sites/secretaria-nacional-deporte/files/documentos/publicaciones/Presentaci%C3%B3n%20encuesta%20FINAL.pdf> .Acceso el 29 de Marzo de 2021.

-Olson, M. (2013). Tabata interval exercise: energy expenditure and post-exercise responses. *Med Sci Sports Exerc*, 45, S420. <http://www.lisajohnsonfitness.com/wp-content/uploads/2013/06/ACSM-Poster-OLSON-2013>

[-PDF.pdf](#)

-Pérez-Castilla, A., Boullosa, D., & García-Ramos, A. (2021). Reliability and validity of the iLOAD application for monitoring the mean set velocity during the back squat and bench press exercises performed against different loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35, S57-S65. DOI: [10.1519/jsc.0000000000003739](https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003739)

-Pisabarro, R., Gutiérrez, M., Bermúdez, C., Prendez, D., Recalde, A., Chaftare, Y., & Manfredi, A. (2009). Segunda Encuesta Nacional de Sobrepeso y Obesidad (ENSO 2) adultos (18-65 años o más). *Revista médica del Uruguay*, 25(1), 14-26.

-Perry, C. G., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1112-1123. DOI: [10.1139/h08-097](https://doi.org/10.1139/h08-097)

-Ratamess NA, Kang J, Kuper JD, O'Grady EA, Ellis NL, Vought IT, Culleton E, Bush JA, Faigenbaum AD. Acute Cardiorespiratory and Metabolic Effects of a Sandbag Resistance Exercise Protocol. *J Strength Cond Res*. 2018 Jun;32(6):1491-1502. DOI: [10.1519/JSC.0000000000002415](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002415)

-Rodríguez, R., Almagiá, F. & Berral, R. (2010) Estimación de la masa muscular de los miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA). *Int. J. Morphol.*, 28(4):1205-1210 DOI: [10.4067/S0717-95022010000400034](https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400034)

-Sánchez Pérez, F. J., & Carranque Chaves, G. Á. (2015). Efectos del entrenamiento Tabata en la composición corporal del futbolista. *KRONOS*

-Sallis R, Young DR, Tartof SY, Sallis JF, Sall J, Li Q, Smith GN, Cohen DA. (2021) Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. *Br J Sports Med:bjssports-2021-104080*. doi: 10.1136/bjssports-2021-104080. Epub ahead of print. PMID: 33849909. DOI: [10.1136/bjssports-2021-104080](https://doi.org/10.1136/bjssports-2021-104080)

-Schaun GZ, Alberton CL, Ribeiro DO, Pinto SS. (2017) Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions on cardiorespiratory parameters in healthy young men. *Eur J Appl Physiol* (7):1437-1444. DOI: [10.1007/s00421-017-3636-7](https://doi.org/10.1007/s00421-017-3636-7)

- Schaun, G. Z., Pinto, S. S., Silva, M. R., Dolinski, D. B., & Alberton, C. L. (2018). Whole-Body High-Intensity Interval Training Induce Similar Cardiorespiratory Adaptations Compared With Traditional High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training in Healthy Men. *Journal of strength and conditioning research*, 32(10), 2730–2742. DOI: [10.1519/JSC.0000000000002594](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002594)
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., & Dalgas, U. (2013). Effects of sprint interval training on VO₂max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(6), e341–e352. DOI: [10.1111/sms.12092](https://doi.org/10.1111/sms.12092)
- Tschakert G, Hofmann P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(6):600-610. doi:10.1123/ijsp.8.6.600. DOI: [10.1123/ijsp.8.6.600](https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.600)
- Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W. (2002). Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(12), 1996–2001 DOI: [10.1097/00005768-200212000-00020](https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00020)
- Vollaard, N., & Metcalfe, R. S. (2017). Research into the Health Benefits of Sprint Interval Training Should Focus on Protocols with Fewer and Shorter Sprints. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 47(12), 2443–2451. DOI: [10.1007/s40279-017-0727-x](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0727-x)
- Vollaard, N., Metcalfe, R. S., & Williams, S. (2017). Effect of Number of Sprints in an SIT Session on Change in V_O2max: A Meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(6), 1147–1156 DOI: [10.1249/MSS.0000000000001204](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001204)
- Williams, B. M., & Kraemer, R. R. (2015). Comparison of cardiorespiratory and metabolic responses in kettlebell high-intensity interval training versus sprint interval cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(12), 3317-3325.
- World Health Organization. (2020). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Biblioteca de la OMS.
- World Health Organization. (2014). Global status report on non communicable diseases 2014 (No. WHO/NMH/NVI/15.1). World Health Organization.
- Wood, K.M., Olive, B., LaValle, K., Thompson, H., Greer, K., and Astorino, T.A. (2016). Dissimilar physiological and perceptual responses between sprint interval training and

high-intensity interval training. *J. Strength Cond* DOI:[10.1519/jsc.0000000000001042](https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001042)

-Zelt, J. G., Hankinson, P. B., Foster, W. S., Williams, C. B., Reynolds, J., Garneys, E., Gurd, B. J. (2014). Reducing the volume of sprint interval training does not diminish maximal and submaximal performance gains in healthy men. *European Journal of Applied Physiology*. DOI:[10.1007/s00421-014-2960-4](https://doi.org/10.1007/s00421-014-2960-4)

11. ANEXO

Consentimiento informado

Por propia voluntad, estoy de acuerdo en participar del proyecto de investigación “Comparación de los efectos de tres modalidades de entrenamiento intenso en parámetros de salud cardiometabólica y aptitud física”.

Estoy informado que el estudio implica la participación de una jornada de valoraciones físicas y morfológicas (total 90 min), además 3 sesiones de entrenamiento con bajo compromiso de tiempo (15 min), donde también se ejecutarán evaluaciones físicas tales como; saltos, fuerza en ejercicios de musculación, comportamiento del ritmo cardíaco y la apreciación perceptiva hacia los entrenamientos (total 60 min). Además se controlará la Actividad Física y la Nutrición durante esos días.

Sé que puedo interrumpir cualquier test/sesión por cualquier tipo de malestar o por mi propio deseo, y estoy consciente que todo esfuerzo máximo posee ciertos riesgos, los cuales me fueron explicados.

Al final del estudio se me entregará un informe de todas las evaluaciones, y además se me ofrecerá un asesoramiento para comenzar un programa de Actividad Física.

Estoy notificado que los datos del estudio serán utilizados para publicaciones científicas resguardando confidencialidad absoluta de la identificación personal.

Leí y entendí la hoja de información, y todas mis dudas y preguntas me fueron respondidas satisfactoriamente. Por lo tanto, en forma voluntaria y libre, doy mi consentimiento para participar en este estudio.

- **Firma y aclaración del participante**
- **Firma y aclaración del investigador**
- **Lugar y fecha**

Hoja de información

Título del Proyecto: “Comparación de los efectos de tres modalidades de entrenamiento intenso en parámetros de salud cardiometabólica y aptitud física”.

Investigador responsable: Dr. Stefano Benítez

Tel: 092199656

E-mail: stefanobenitez@gmail.com

Institución que avala el proyecto: ISEF, Udelar, Parque Batlle s/n, Montevideo Tel: 24800102

Información sobre el proyecto y descripción de los procedimientos: Este estudio cuenta con un fondo otorgado por la CSIC en proyectos I+D del año 2018. El objetivo principal es medir las adaptaciones en la salud que se producen luego de diversos programas de ejercicio de alta intensidad. En caso de que usted desee solicitar información adicional a la de este documento, podrá recurrir en cualquier momento a los responsables del proyecto. Para participar es necesario que usted tenga la ficha médica al día.

En caso de participar del presente estudio, usted será seleccionado luego de completar un cuestionario llamado IPAQ que determinará su nivel de Actividad Física. Su participación consistirá en realizar tres modalidades de entrenamiento físico intenso, que alcanzarán un volumen de 15 minutos por sesión. A lo largo de los entrenamientos se controlará la respuesta cardiovascular usando monitores cardíacos (bandas pectorales) y la percepción subjetiva del ejercicio mediante escalas. También se ejecutarán ejercicios de musculación para medir la capacidad muscular. Además, en una sesión previa durante 90 minutos se evaluarán distintos indicadores de salud y aptitud física de forma poco invasiva. Para esto, se le solicitará abstenerse de realizar AF (actividad física) y consumir alcohol durante 48 hs. antes de las sesiones, no ingerir ningún suplemento nutricional o productos con tabaco y también evitar bebidas energizantes (como el mate) o que contengan cafeína, en la mañana previa a las evaluaciones.

Las evaluaciones a efectuar serán las siguientes:

1) Composición corporal: mediante bioimpedancia con una balanza digital. No presenta riesgo para la salud.

2) Test de 20 m Course Navette: mediante un test progresivo de resistencia aeróbica utilizando un audio que marca la velocidad por etapa. Presenta un bajo riesgo de evento cardiovascular.

3) Potencia en el salto vertical: mediante la realización de un salto contramovimiento con las piernas dispuestas al ancho de cadera aproximadamente. Presenta un bajo riesgo de lesión músculo-esquelética.

4) Fuerza en el ejercicio sentadilla y press de banca: mediante pesos libres con barra aplicando una carga baja equivalente al 25% o 50% del peso corporal. Presenta un bajo riesgo de lesión músculo-esquelética.

5) Control autonómico cardiovascular: mediante el uso de monitores cardíacos durante las sesiones. No presenta riesgo para la salud.

Todos los test serán realizados en la pista de atletismo de Montevideo. Adicionalmente se cuantificara la nutrición con registro donde usted deberá describir toda la alimentación diaria.

La realización de las pruebas propuestas ofrece una baja circunstancia de riesgo a la salud en sujetos sanos sin problemáticas cardiovasculares o metabólicas. Usted puede abandonar el ejercicio en cualquier momento en caso de tener malestar (por ejemplo, náuseas, dolor de pecho, dolor de cabeza, etc.). En cualquier circunstancia usted puede negarse a participar, solicitar mayor información o retirar su consentimiento, sin penalización y/o perjuicio alguno. LA PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA. Además, en el caso de alguna lesión, molestia o complicación dada por el propio ejercicio, el investigador y la institución asumen la responsabilidad de dar asistencia integral primaria de forma inmediata y gratuita. La institución donde se realizarán los procedimientos cuenta con cobertura de emergencia médica (SEMM) que incluye traslado al servicio de atención médica del participante. Asimismo, el lugar de la investigación cuenta con desfibrilador externo automático (DEA). Adicionalmente, en cada una de las instancias habrá personal capacitado en reanimación cardiopulmonar y uso del DEA.

Finalizada la investigación, usted recibirá un informe con todos los resultados de las mediciones ejercidas que le permitirá conocer su estado de salud general.

Esclarecemos que toda la información suministrada será mantenida en secreto y no será revelada su identidad, sólo los investigadores tendrán acceso a ella. Los datos serán utilizados para la elaboración y presentación de publicaciones científicas internacionales. Informamos

que estaremos a disposición para orientar y aclarar cualquier duda antes y durante la investigación.

En caso de consentir, se deja en su conocimiento que la participación en el estudio no le dará derecho a ninguna remuneración ni compensación de carácter económico.

Course Navette

Protocolo completo. (García et al. 2014)

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140
20	18	4160	4180	4200	4220	4240	4260	4280	4300	4320	4340	4360	4380	4400	4420	4440

Feeling scale (Hardy y Rejeski 1989).

¿Cómo te estás sintiendo ahora?

+5 MUY BIEN

+4

+3 BIEN

+2

+1 ALGO BIEN

0 NEUTRAL

-1 ALGO MAL

-2

-3 MAL

-4

-5 MUY MAL

Escala Paces (Fernandez-Garcia et al. 2008)

Dinos como te sientes acerca de la actividad física que practicas o has practicado.

	Mucho	Bastante	Algo	Nada	Algo	Bastante	Mucho	
Me gusta								No me gusta
No es nada divertido								Es muy divertido
Me interesa								Me aburro
Me siento muy bien físicamente cuando practico								Me siento muy mal físicamente cuando practico
No me hace sentir nada activo/a								Me hace sentir muy activo/a
Me hace sentir realizado/a								No me hace sentir realizado/a

Valores de grabación

	1	2	3	4	5	6	7	
--	---	---	---	---	---	---	---	--

En el análisis de datos, inversión de la puntuación de los items nº 1, 3, 4 y 6

Escala de intención (Jung et al. 2014)

Nombre:

Fecha:

Protocolo:

Califique en qué medida está de acuerdo con las siguientes declaraciones

1) Tengo la intención de participar en el tipo de ejercicio que realicé hoy al menos 3 veces por semana durante el próximo mes.

1	2	3	4	5	6	7
Muy improbable						Muy probable

2) Tengo la intención participar en el tipo de ejercicio que realicé hoy al menos 5 veces por semana durante el próximo mes.

1	2	3	4	5	6	7
Muy improbable						Muy probable

Escala de preferencia (Jung et al. 2014)

Nombre:

Fecha:

Protocolo:

Si fuera totalmente por ti ¿qué tipo de ejercicio elegirías hacer?

A) Entrenamiento intenso continuo

B) Entrenamiento interválico de sprints

C) Entrenamiento interválico de burpees

Por favor, califique su afición por cada tipo de ejercicio que realizó

A1	2	3	4	5	6	7
Extremadamente a disgusto			Neutral			Extremadamente a gusto
B1	2	3	4	5	6	7
Extremadamente a disgusto			Neutral			Extremadamente a gusto
C1	2	3	4	5	6	7
Extremadamente a disgusto			Neutral			Extremadamente a gusto

Hooper índice (Hooper et al. 1995)

Nombre:

Fecha:

Sueño	
1	Muy, muy bien
2	Muy bien
3	Bien
4	Medio
5	Malo
6	Muy malo
7	Muy, muy malo

Stress	
1	Muy, muy bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Medio
5	Alto
6	Muy alto
7	Muy, muy alto

Fatiga	
1	Muy, muy bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Medio
5	Alto
6	Muy alto
7	Muy, muy alto

Dolor muscular local	
1	Muy, muy bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Medio
5	Alto
6	Muy alto
7	Muy, muy alto

Registro nutricional

Nombre: _____

Día: ___ / ___ / ___

Edad: _____ Sexo: M () F ()

Se solicita detallar la mayor información posible.

Registro 24h (Desayuno a Desayuno)

Comida/Horario	Alimentos	Cantidades en medidas caseras	g/ml

Escala CR10-RPE (Day et al. 2004)

Rating	Description
0	Descanso
1	Muy Facil
2	Facil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	-
7	Muy Duro
8	Muy, muy duro
9	Casi maximo
10	Maximo