

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL DE ALTA INTENSIDAD
(HIFT), SOBRE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO₂MAX) Y SUS
IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD EN POBLACIÓN ADULTA: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

ANGEL GONZALO LEMUS VELASCO

Trabajo de tesis para optar el título de Magister en Actividad Física y Salud

Laura Victoria Rivera Amézquita

Fisioterapeuta

Magister en Epidemiología

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y SALUD

BOGOTA

2020

Palabras clave: Crossfit® (CR), High intensity functional training (HIFT), high-intensity interval training (HIIT), high intensity multimodal training (HIMT), health, sport medicine, physical medicine, oxygen consumption (VO₂max).

Introducción

El entrenamiento funcional de alta intensidad o high-intensity funcional training (HIFT), es un tipo de entrenamiento de alta intensidad que involucra ejercicios y movimientos multiarticulares; también se puede encontrar en literatura especializada como: high intensity multimodal training (HIMT) o Crossfit® (CR) y son tipos de entrenamiento que se derivan del HIFT. Los objetivos de estos entrenamientos son mejorar las siguientes capacidades: resistencia cardiovascular y respiratoria, resistencia muscular localizada, fuerza, flexibilidad, potencia, coordinación, agilidad, equilibrio y precisión (1),(2). Estos entrenamientos integran en su planificación, disciplinas deportivas y metodologías de ejercicio como: levantamiento de pesas (halterofilia), gimnasia y ejercicio cardiovascular (3). En los últimos años esta modalidad ha sido tan ampliamente acogida, que se ha popularizado entre la población, aumentando la prevalencia de personas que practican cualquier tipo de disciplina derivada de HIFT (4). Lo anterior puede deberse a que HIFT combate una de las principales barreras que impiden la práctica de ejercicio físico, que es la falta de tiempo (5).

Por otra parte, el entrenamiento funcional de alta intensidad podría llegar a ser igual de efectivo que el entrenamiento continuo de intensidad moderada, en cuanto a los beneficios en salud, así como en la generación de cambios en algunas capacidades del fitness como, composición corporal y parámetros fisiológicos. Además, con el método HIFT se puede

dedicar 40% menos tiempo al invertido, en comparación al entrenamiento continuo, es decir, se genera un alto gasto calórico en poco tiempo (5,6).

Otro factor importante, es la adherencia de la población a este tipo de entrenamiento, la cual es aproximadamente del 75% (7), debido a que los circuitos diseñados con HIFT promueven la motivación de los practicantes (8). Los entrenamientos diarios son llamados “work of Day” (WOD), y contiene los tipos de ejercicios y las intensidades correspondientes para su desarrollo en las sesiones, las cuales se dividen en tres partes: calentamiento (fuerza y técnica), trabajo específico y vuelta a la calma (3,9).

En esa misma línea, algunos estudios han reportado que los entrenamientos funcionales de alta intensidad pueden llegar generar cambios en parámetros como: composición corporal (grasa corporal, masa magra, circunferencia de cintura), parámetros de fuerza funcional, calidad de vida y parámetros fisiológicos (presión arterial, glucosa y frecuencia cardiaca) (10–13). Del mismo modo, en el VO_{2max} , el cual es considerado como un indicador fiable y de bastante importancia, para medir condición física y función cardiovascular (14). Además, la evidencia ha demostrado que el VO_{2max} es un indicador de longevidad; dando a entender que un alto consumo de oxígeno disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular, repercutiendo en beneficios en salud (15).

Agregando a lo anterior, si bien el consumo de oxígeno ha sido ampliamente estudiado en el campo del deporte para medir la condición física, también es ampliamente conocido como un parámetro de función cardiovascular. Un estudio prospectivo de 46 años de seguimiento

analizó una población y comparó los diferentes niveles de consumo de oxígeno. Este concluyó que la población con VO₂max por encima de los valores normativos, se relaciona con un aumento de longevidad. Aquellos sujetos que el VO₂max se clasificó como alto normal, vivieron 2,9 años más (IC 95% 1,5 a 4,2) (p<0,001), comparado con los sujetos con VO₂max bajo y los sujetos clasificados por encima del límite superior de VO₂max vivieron 4,9 años más (IC 95% 3,1 a 6,7) (p<0,001) (15). Es decir, si un tipo de entrenamiento logra un aumento en el consumo de oxígeno, este se relaciona con la disminución de riesgo de muerte por causas cardiovasculares y por ende un aumento en la longevidad.

En consecuencia, a lo anterior y entendiendo el VO₂max como un parámetro de funcionalidad, salud y longevidad, es importante profundizar y analizar si este parámetro puede aumentar de manera significativa con algún tipo de entrenamiento funcional de alta intensidad, ya que no está claro si una intervención con HIFT tiene efectos significativos sobre el VO₂max, debido a la inconsistencia de los resultados reportados ya que desde una perspectiva general los resultados reportados por algunos estudios parecen ser heterogéneos y no es clara una tendencia hacia la significancia estadística (8,10,16,17). Adicionalmente, es importante describir que variables podrían mediar este efecto, que podrían generar un impacto sobre la salud (11,16,18,19). Por ende, se genera la hipótesis de que una intervención por cuatro semanas o más con HIFT podría aumentar el VO₂max de manera significativa e impactar en algunos parámetros en salud. Esta hipótesis se genera ya que según el doctor en ejercicio y ciencias del deporte Tony Butagy y un metaanálisis realizado por Rocío Cupeiro y colaboradores, determinaron efectos importantes sobre VO₂max y demás variables del fitness cuando las intervenciones con ejercicio físico son iguales o mayores a 4 semanas (20).

Por consiguiente, al no existir una revisión que profundice en la relación entre HIFT, HIMT O CR con el consumo máximo de oxígeno en población adulta y que implicaciones tiene sobre la salud interviniendo a población sana con estos tipos de entrenamiento, la presente revisión pretende reunir en un solo documento la mejor evidencia científica acerca de los efectos del HIFT sobre el VO_{2max} , y posibles variables mediadores en este efecto. Además, comprender como estas relaciones generan un impacto sobre la salud con la práctica de este tipo de entrenamiento, con el fin de promover nuevas investigaciones en actividad física relacionada con el entrenamiento funcional de alta intensidad y sus efectos sobre la salud. Además, la revisión puede aportar evidencia para que los gimnasios convencionales donde se practica ejercicio tradicional adapten a sus programas de entrenamiento la modalidad HIFT, que como ya se anotó, combate la barrera “tiempo” para la realización de AF. Por consiguiente, la presente revisión pretender contestar la siguiente pregunta: ¿qué efectos tiene el entrenamiento HIFT sobre el VO_{2max} , y sus implicaciones sobre la salud en población adulta?

Metodología

Tipo de estudio

El presente estudio es una revisión sistemática de literatura científica, la cual sigue los parámetros de la metodología PRISMA (21). La revisión sistemática incluyó artículos donde la exposición es HIFT y como variable principal el VO_{2max} . También se analizaron variables secundarias en relación con consumo de oxígeno, que pueden mediar el efecto entre el HIFT y este parámetro fisiológico, como: la composición corporal (masa magra, masa grasa, perímetro de cintura) y parámetros de condición física como la fuerza y resistencia muscular.

Adicionalmente, se analizaron otras variables que tendrían un impacto en la salud, al ser modificadas con el HIFT como la frecuencia cardiaca (FC), tensión arterial (TA) tanto en la sístole (TAS) como en la diástole (TAD), glucosa en sangre y parámetros de calidad de vida (CV). Es importante incluir las variables secundarias con el fin de analizar la relación entre intervención con HIFT, VO_{2max} y posibles efectos en salud.

Los criterios de inclusión definidos para la presente revisión son: ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECAs) o estudios cuasi experimentales realizados en población sana, en los cuales se mida el efecto de una intervención con CR, HIFT O HIMT, sobre el consumo de oxígeno, y cuya medición de esta variable se haya realizado con métodos de medición directos. Adicionalmente, la duración de aquellas intervenciones debía ser igual o mayores de cuatro semanas. Los criterios de exclusión fueron: estudios en población infantil o adolescentes, resúmenes, artículos de opinión o estudios caso y aquellos artículos que no fue posible la lectura en texto completo.

Posteriormente, se realizó la búsqueda de literatura en bases de datos como: Scopus, Web of Science, Pubmed y Google académico. Las palabras clave fueron: Crossfit®, High functional training, high-intensity interval training, health, sport medicine y physical medicine. Estos términos fueron normalizados mediante el descriptor de ciencias de la salud (DECS y MESH).

Las búsquedas se realizaron con las siguientes ecuaciones: SCOPUS: crossfit OR high functional training OR high intensity interval training AND health OR sport and medicine OR physical and medicine; high-intensity and interval and training sprint AND interval and training AND body and composition. GOOGLE ACADEMICO: Crossfit OR high functional training OR high intensity interval training AND health OR sport and medicine OR

physical and medicine NOT teenagers NOT elders NOT children PUBMED: Crossfit OR high functional training AND health AND sports and medicine AND physics and medicine NOT teenagers NOT elderly NOT children WEB OF SCIENCE: Crossfit OR high functional training OR high intensity intervaling training AND health OR sport and medicine OR physical and medicine.

Posteriormente se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión y se seleccionaron los estudios para la revisión sistemática. Para más detalles ver flujograma (grafica 1). También se determinó la población total de los estudios incluidos, la frecuencia de hombres y mujeres, así como el promedio de edad de la muestra. Por otra parte, se determinó el estatus del peso corporal y el nivel de actividad física antes de la intervención. Adicionalmente, se extrajeron algunos datos por cada estudio como el diseño, tamaño de la muestra, población (edad y sexo), adherencia de la población al plan de ejercicio, instrumentos de medición utilizados para medir las variables de desenlace y comparadores (intervenciones utilizadas como control).

Por otra parte, se realizó la extracción de los datos referentes a la intervención en cada uno de los estudios, con el fin de tabularlos, categorizarlos y analizarlos. Primeramente, se realizó un resumen descriptivo con información detallada por cada estudio acerca de la intervención con HIFT y sus características de prescripción; se tomaron en cuenta variables como: intensidad, tipo de ejercicios e implementos utilizados. Adicional a esto se describen algunas características de las intervenciones como: duración de la sesión, duración del programa, número de sesiones y la adherencia al programa; también se extrajo información del grupo control, en aquellos estudios que contaban con este brazo. Por otra parte, se

analizaron variables como: prevalencia del país que más aporta evidencia del tema estudiado, cuantos estudios son ensayos clínicos y cuantos cuasiexperimentales.

Así mismo, para el desenlace principal VO_{2max} , se elaboró una matriz en Excel donde se relaciona los artículos seleccionados para la revisión y se reportan los instrumentos y protocolos de medición de esta variable. También se realizó una tabulación de datos, con el fin de analizar a profundidad los efectos de HIFT sobre el VO_{2max} , cuando se interviene por cuatro semanas o más. Para el desarrollo de este análisis se extraen los siguientes datos: consumo máximo de oxígeno antes y después de la intervención, tanto de los controles como del grupo experimental, con su respectiva desviación estándar. A partir de estos datos se calcula el cambio absoluto en ml/kg/min (valores pre – valores pos) y se estima el porcentaje de cambio con base en el valor pre-intervención, variación porcentual.

Así mismo, se reportó las diferencias de promedios en el caso de haber sido reportados y la significancia estadística. Para reportar el porcentaje de cambio y total absoluto de VO_{2max} se promedió todos los resultados reportados de cada estudio incluidos en la revisión, discriminando entre estudios cuasiexperimentales y ensayos clínicos. Para aquellos estudios en los cuales no reportan cambio en porcentaje, se restó la diferencia entre valores pre-intervención y post-intervención y se realizó una regla de 3 para hallar el porcentaje de cambio. Así mismo, también se promedió la desviación estándar de los resultados para antes de la intervención y después de la intervención. Para encontrar hallazgos por sexo se analizó los estudios que reportaron diferencias entre géneros y se promedió los resultados. Para hallar todos los porcentajes de cambio se aplicó la fórmula de variación porcentual.

Por otro lado, los desenlaces secundarios asociados a parámetros en salud que pueden mediar los cambios en el consumo de oxígeno e impactar en parámetros de salud cuando se

interviene con HIFT, fueron organizados en dos categorías: fuerza muscular y composición corporal (masa grasa, masa magra y perímetro de cintura).

Otra variable medida en los estudios que puede generar un impacto sobre la salud cuando se interviene con HIFT de manera crónica fue la calidad de vida; este concepto comprende varias dimensiones, como: rol social, físico, psicológico, ambiental y mental. En la presente revisión se evaluó algunos parámetros de esta variable, entre estos: vitalidad, percepción general de salud, funcionamiento social, salud mental, entre otras. Adicionalmente se evaluaron variables como glucosa, tensión arterial (TA) y frecuencia cardiaca (FC). Para analizar el efecto que tiene HIFT sobre posibles variables mediadores que impacten en el VO_{2max} y sus posibles efectos sobre la salud, se tuvo en cuenta la significancia estadística reportada en los estudios entre el VO_{2max} y la variable secundaria analizada, con el fin de determinar dichas relaciones; Cabe aclarar, que la relación entre variables se determinó mediante la relación de la significancia estadística de variables secundarias y VO_{2max} ; además, se reportaron los porcentajes de cambio de variables secundarias y cambios absolutos. Para hallar los porcentajes de cambio se utilizó la fórmula de variación porcentual ya que se pretende hacer un análisis de promedios, por ende, no se calculó el promedio de cambio de acuerdo al peso de cada estudio ya que la presente investigación es una revisión sistemática y no un metaanálisis.

Evaluación calidad metodológica de los estudios

CONSORT

Cada ECA incluido en la revisión sistemática fue evaluado con la lista de verificación CONSORT, la cual consta de 25 ítems, con el fin de evaluar la presencia de sesgos en los estudios (22,23). Esta lista consta de las categorías relacionadas en la tabla 1

Tabla 1. Características o categorías de CONSORT

CONSORT	
CATEGORIA	ITEMS
<i>Título resumen e introducción</i>	antecedentes y objetivos
<i>Métodos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del ensayo, • Participantes • Intervenciones • Resultados • Tamaño de la muestra • Aleatorización • Generación de la secuencia • Mecanismos de ocultación de la asignación • Implementación • Enmascaramiento • Métodos estadísticos
<i>Resultados</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de participantes (se recomienda diagrama de flujo) • Reclutamiento • Datos basales • Números analizados, • Resultados • Estimación
<i>Análisis secundarios</i>	Datos y perjuicios
<i>Discusión</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones • Generalización e interpretación
<i>Otra información</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro • Protocolo y financiación

CERT

Es una checklist, la cual es una extensión de la declaración CONSORT y el TIDeR para presentar informes donde se realice intervención a sujetos con ejercicio físico. El fin de aplicar esta checklist es evaluar la calidad metodológica de las intervenciones reportadas en los artículos incluidos en la revisión sistemática (24). La lista de verificación CERT consta de 5 categorías resumidas en la tabla 2.

Tabla 2. Características o categorías del CERT

CERT	
CATEGORIA	ITEMS
<i>Materiales</i>	Detalles de los equipos utilizados en la intervención
<i>Proveedor</i>	Experiencia del instructor
<i>Entrega</i>	<ul style="list-style-type: none">• Ejecución de los ejercicios grupo o individual.• Supervisión de la intervención• Reporte de adherencia• Estrategias de motivación• Periodización• Ilustraciones de los ejercicios• Otros complementos de ejercicio físico fuera del lugar de intervención• Componentes de la intervención que no sean ejercicio físico• Eventos adversos durante la intervención
<i>Ubicación</i>	Entorno donde se realiza la intervención
<i>Dosis</i>	Descripción detallada de ejercicios <ul style="list-style-type: none">• Series• Repeticiones• Intensidad• Frecuencia
<i>Desenlace del proceso</i>	Especificaciones si se ejecuta la intervención según lo planeado

TREND

Es una checklist para evaluar la calidad en la metodología de los estudios con intervención no aleatorios; esta checklist es consistente con la declaración CONSORT (25). Por lo tanto, se utilizó en la revisión sistemática para evaluar la calidad metodológica de los estudios cuasiexperimentales. Esta evalúa 5 categorías relacionados en la tabla 3.

Tabla 3. Características o categorías del TREND

TREND	
CATEGORIA	ITEMS
<i>Título y resumen</i>	Resumen estructurado e información de la muestra
<i>Introducción</i>	Antecedentes científicos y justificación
<i>Métodos</i>	<ul style="list-style-type: none">• Reclutamiento de la muestra• Ubicación• Detalles de la intervención• Tiempo de la intervención• Adherencia• Objetivos• Hipótesis
<i>Resultados</i>	<ul style="list-style-type: none">• Medidas primarias y secundarias• Métodos utilizados para recopilar los datos• Validación de instrumentos• Como se determinó el tamaño de la muestra• Intervención grupal o individual,• Cegamiento y métodos estadísticos utilizados• Seguimiento de la intervención en todas sus fases,• Número de participantes que recibieron la intervención,• Cumplimiento de adherencia durante la intervención,• Exclusiones,• Características basales de los sujetos,• Comparación entre pre y post-intervención,• Tamaño del efecto y estimación de resultados,• Reporte de hallazgos nulos o negativos• Reporte eventos adversos

<i>Discusión</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de resultados teniendo en cuenta la Hipótesis del estudio • Discusión de resultados teniendo en cuenta vías causales o explicaciones alternativas, • Discusión sobre la implementación y si es posible extrapolar la información obtenida de la intervención • Validez externa e interpretación general de los resultados según evidencia actual.
------------------	---

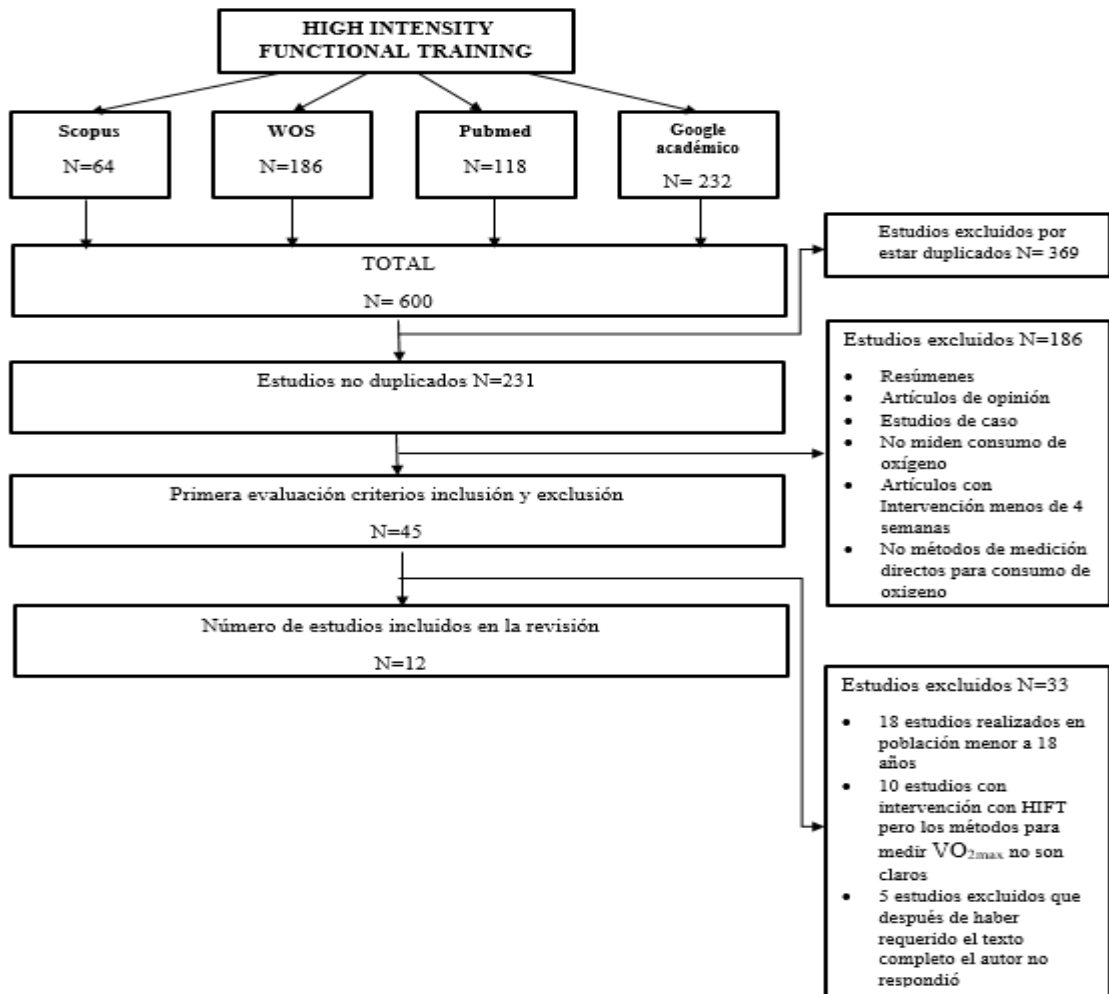
Resultados

Las estrategias de búsqueda utilizadas en las diferentes bases de datos arrojaron 600 artículos: scopus n=64, WOS n=186, Pubmed n=118 y google académico n=232. Después de excluir los artículos duplicados y haber aplicado los criterios de inclusión y exclusión, se incluyeron un total de 12 estudios para realizar la revisión sistemática. También se encontró que el país que más publica sobre este tema es Estados Unidos (n=7), seguido de Suiza (n=2), Polonia (n=1), Canadá (n=1) e Italia (n=1). Así mismo, se incluyeron 7 ensayos clínicos y 5 estudios cuasi experimentales (no aleatorios). Por otra parte, la población incluida en la revisión sistemática es de n=304 sujetos, donde el 50,3% (n=153) son hombres y el 49,7% (n= 151) son mujeres, con un promedio de edad de 26,78 años. También es importante mencionar que el 61,18% de la población se encontraba en sobrepeso (IMC>25=<29) y el 38,82% en normopeso (IMC>18,5=<24,9) (26). Así mismo, se encontró que el 63,16% de los sujetos incluidos en los estudios, antes de la intervención, eran activos y el 36,84% eran sedentarios. Además, el promedio de duración de las intervenciones fue de 9,6 semanas y el promedio de días y sesiones de intervención fue 36,6. Por otra parte, la adherencia promedio de las intervenciones fue de 82,7%, para ver detalles de adherencia de los estudios incluidos ver tabla 8 en anexos.

Intervenciones:

Las intervenciones que se reportan en los estudios incluidos se basan predominantemente en ejercicios multiarticulares y trabajo cardiovascular, así como algunas disciplinas deportivas y tipos de entrenamiento como: halterofilia, gimnasia y entrenamiento militar. Las intensidades se dosificaron por medio de porcentajes de resistencia máxima (RM) y frecuencia cardíaca máxima teórica. También las dosis de entrenamiento o WOD más utilizadas en las intervenciones fueron: tantas rondas como sea posible en un tiempo determinado (AMRAP), minuto de trabajo (EMOTM), este consiste en realizar un determinado número de repeticiones en un minuto, y el tiempo que falte para completar el minuto corresponde al descanso de la serie. Otro tipo de metodología es Filthy Fifty, el cual consiste en realizar por cada ejercicio propuesto en el WOD 50 repeticiones. Otros tipos de métodos utilizados fueron: WOD Cindy, este wod se dosifica para realizarse en 20 minutos donde se realizan tantas rondas como sea posible de determinados ejercicios y repeticiones, WOD Fight Gone Bad es una variante del wod AMRAP, también se implementó rondas por circuito, entre otros. Por otra parte, los ejercicios que más se emplearon durante las intervenciones fueron: sentadilla, peso muerto, burpees, saltos, flexiones, cleans, snatch o arranques, extensión de espalda y thrusters o propulsores. En ese mismo sentido, los implementos que más se usaron fueron: anillas, cajas, barras, balón medicinal, discos, mancuernas, lazos, colchoneta y pesas rusas. Para más detalles, ver tablas 6 y 7 en anexos las cuales resumen las características de las intervenciones.

Flujograma



Grafica 1

Hallazgos de la evaluación metodológica de los estudios

CERT:

Después de haber aplicado la parrilla CERT a los estudios incluidos en la revisión n=12 y de haber analizado los resultados, se destaca que el ítem más reportado fue el correspondiente a si los ejercicios fueron generalizados o individualizados; este se reportó en el 100% de los

estudios, donde en el 66,4% el acompañamiento fue individualizado y en el 33,6% fue generalizado. Los ítems menos reportados fueron: reporte de ejercicios físicos fuera de la intervención y reporte de componentes fuera del ejercicio físico, (educación, terapia cognitivo-conductual, masajes, entre otros). Para ver más detalles, estos se presentan a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados evaluación CERT

CERT		
ITEMS	% REPORTADO	OBSERVACIONES
Equipos utilizados en las intervenciones	83,3	Los implementos que más se usaron fueron: anillas, cajas, barras, balón medicinal, discos, mancuernas, lazos, colchoneta y pesas rusas
Modo de desarrollo de la intervención	83,3	
Lugar de la intervención y adherencia	83,3	Donde CR reporta un porcentaje de más del 80% de no abandonos y completando la mayoría de las sesiones establecidas en la periodización de la intervención, encontrando que la motivación, el trabajo grupal, y la reducción de tiempo invertido en los entrenamientos, comparado con el entrenamiento tradicional, son las causas de la alta adherencia al ejercicio con intervención en CR, HIFT o HMT.
Relacion de los ejercicios dosificados en tablas con nombres técnicos, lo cual permiten que estos sean replicados	91,63	Los ejercicios que más se emplearon durante las intervenciones fueron: squats, rows, deadlift, burpees, skipping, pushups, Cleans, Snatch, Back Extension y Thrusters
Se ejecuto la intervencion según lo planeado	100%	Todas las intervenciones se ejecutaron según lo planeado
Reporte de eventos adversos al ajercicio fisico	74,97	Se reporto mas prevalencia de dolor en rodillas, codos, espalda, muñeca, cuádriceps, ingle y dolor general También se menciona la falta de tiempo, por lo cual se dieron algunos abandonos en los estudios
Dosis diaria de de entrenamiento	83,3	
Reporte de ejercicios generalizados o individualizados	100	66,4% individualizada y el 33,6% generalizada
Nivel de experiencia y certificación de los instructores	50	Donde el nivel 1 y 2 en CR fue el más prevalente
Supervision en las intervencion por entrenadores certificados	58,31	
Reporte estrategias de motivación	33,3	
Reporte progresion de ejercicios	58,31	
Reporte ejercicios fisicos fuera de la intervencion	0	
Reporte de componentes fuera del ejercicio fisico , (educación, terapia cognitivo-conductual, masajes, entre otros	0	
Reporte lugar de la intervencion	58,31	Box, gimnasio y lugares especializados en actividad física
Regla de decisión para determinar el nivel inicial del ejercicio	58,31	
Mas reportados		
Menos reportados		

CONSORT:

Después de haber aplicado CONSORT, con el fin de evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos incluidos en la revisión sistemática (n=7), se encontró que se reportan en promedio 20 ítems de los 37 que tiene el instrumento, lo que corresponde a una frecuencia promedio de reporte de un 54%, del total de los ítems. Algunos de los ítems más reportados fueron: reporte de resumen estructurado, reporte de resultados primarios y secundarios con el tamaño del efecto, ya sea el intervalo de confianza (95%) o la desviación estándar y reporte de ejercicios con nombres técnicos, lo cual permite su replicación. Así mismo, los menos reportados fueron: reporte de detenciones, reporte de quien generó la secuencia de aleatorización y reporte de cambios metodológicos después del comienzo del estudio y método utilizado para determinar el tamaño de la muestra. A continuación, se presenta en la tabla 5 el reporte detallado de la evaluación:

Tabla 5. Resultados evaluación CONSORT

CONSORT					
ITEMS	%REPORTADOS	OBSERVACIONES	ITEMS	%REPORTADOS	OBSERVACIONES
Reporte resumen estructurado	100	Contiene: métodos, resultados y conclusiones	Reporte de pérdidas y exclusiones después de la asignación al azar	57,12	
Reporte objetivos e hipótesis	71,4		Reporte de las fechas de seguimiento de la intervención	50	
Reporte criterios de elegibilidad	86		Reporte de tamaños del efecto absoluto o relativo en cuanto al VO2max	57,1	
Reporte número de participantes y análisis por grupos originales asignados	100		Reporte del todo el protocolo de la intervención con su respectiva dosificación	50	
Reporte de resultados primarios y secundarios con el tamaño del efecto, ya sea el intervalo de confianza (95%) o la desviación estándar	100		ITEMS	% REPORTADOS	OBSERVACIONES
Reporte de ejercicios con nombres técnicos, lo cual permite su replicación	100		Se identifica como ensayo clínico en el título	0	
Reporte resultados primarios y secundarios	100		Reporte del diseño del ensayo	42,28	
Reporte de detenciones	0	Ningun estudio reporto detenciones	Reporte de cambios logísticos importantes después de empezar el experimento	0	
Reporte los métodos estadísticos utilizados para la comparación de resultados primarios y secundarios	100		Reporte del lugar de recopilación de los datos	42,8	
Reporte de métodos estadísticos para realizar análisis de subgrupos y análisis ajustados	100		Reporte de cambios metodológicos después del comienzo del estudio y método utilizado para determinar el tamaño de la muestra	0	
Reporte el número de participantes que recibieron la intervención con su respectivo resultado primario	100		Reporte del método que se asignó para generar la secuencia aleatoria	42,8	
Reporte de la tabla demográfica y características clínicas de cada grupo	100		Reporte del tipo de aleatorización y reporte periodo de reclutamiento	0	
Reporte de algunas limitaciones	85,5		Reporte del método utilizado para implementar la secuencia aleatoria y cegamiento durante la intervención	8,33	
Reporte de estudios generalizabilidad de los hallazgos del ensayo	100		Reporte de quien generó la secuencia de aleatorización	0	
Reporte de interpretación de los resultados en cuanto a los beneficios y daños considerando más evidencia científica	100		Reporte de fuentes de financiación	24,9	
Reporte número de registro	71,4		Reporte de los daños importantes o efectos no deseados durante la intervención	33,3	
Reporte de los resultados de cualquier otro análisis distinguiendo entre los pre-especificados y los exploratorios	85,7		ITEMS ALTAMENTE REPORTADOS	ITEMS MEDIANAMENTE REPORTADOS	ITEMS POCO REPORTADOS

TREND:

Se aplicó el instrumento a los estudios cuasiexperimentales incluidos en la revisión sistemática con el fin de evaluar su calidad metodológica. En este orden de ideas, de 59 ítems que tiene el instrumento, se reportan en promedio 59,2% (35 ítems), donde los más reportados fueron: resumen e introducción estructurada con su respectiva justificación, antecedentes, reporte de medidas primarias y secundarias, reporte de la desviación estándar en sus resultados y comparación entre las medidas pre- intervención y post-intervención en cada grupo, reporte de tablas basales con aspectos demográficos y clínicos de los sujetos intervenidos, entre otros. Así mismo, los ítems menos reportados fueron: reporte del método utilizado para aleatorización y fechas de reclutamiento de la población, forma de determinación del tamaño de la muestra, así como la información de validación de los instrumentos biométricos o psicométricos utilizados. Por otro lado, el estudio cuasiexperimental incluido en la revisión con mayor ítems reportados es el elaborado por Matthew F. Brisebois, quien reportó un 64,4% del total de los ítems (13) y el estudio con menores reportes fue el laborado por Derek A. Crawford con 52,5% (16). A continuación, se resumen los hallazgos en la tabla 6:

Tabla 6. Resultados evaluación TREND

TREND					
ITEMS	% REPORTADOS	OBSERVACIONES	ITEMS	% REPORTADOS	OBSERVACIONES
Resumen e introducción estructurada con su respectiva justificación y antecedentes	100		Los antecedentes y las teorías utilizadas se reportaron en los estudios	100	Cada uno de los estudios corresponden a la actualidad del año de publicación de cada estudio
Reporte lugar de intervención	80		Información de validación, acerca de instrumentos biométricos o psicométricos como también el proceso para determinar el tamaño de la muestra	25	
Reportan dosis de entrenamiento con nombres técnicos que permiten ser replicados con su respectivo intervalo de tiempo entre pre y post exposición	100	Todos los estudios tienen intervención de cuatro semanas o más	Reporte del método utilizado para aleatorización y fechas de reclutamiento de la población	0	
Reporte de la hipótesis y objetivos	100		Reporte de criterios de elegibilidad	40	
Reporte de medidas primarias y secundarias	100	Cabe aclarar que la mayoría de las intervenciones se hicieron de manera grupal con algunas dosificaciones individualizadas por condición y necesidades físicas de cada sujeto	Reporte de estrategias con el fin de aumentar la adherencia a la intervención	40	
Reporte de la desviación estándar en sus resultados y comparación entre las medidas entre pre y post exposición de las variables medidas en cada grupo	100		Reporte de tablas de salidas con los resultados obtenidos	100	
Se especifica en cada uno de los estudios los sujetos asignados al grupo intervenido, con su respectiva dosificación y seguimiento a cada participante	100		Reporte de hallazgos nulos o negativos y eventos adversos de la intervención	80	Lesiones de rodilla espalda y hombro, abandonos por dolor muscular entre otros
Reporte de tablas basales con aspectos demográficos y clínicos de los sujetos intervenidos	100		Se reportó la respuesta respecto a la hipótesis con sus respectivas limitaciones sesgos y validez externa	100	La mayoría de los estudios respondieron a su hipótesis planteada, también la mayoría de los estudios, reportaron que los resultados no son concluyentes para extrapolar los datos
ITEMS MAS REPORTADOS					
ITEMS MENOS REPORTADOS					

VO₂MAX:

Como se anotó anteriormente, el VO_{2max} no es solo una variable que puede indicar el desempeño de un atleta en el contexto del rendimiento deportivo, sino que también es un parámetro de salud cardiorrespiratoria, que en los últimos años ha demostrado su gran importancia sobre la salud (15). Según los resultados obtenidos se pudo determinar que una intervención con HIFT por cuatro semanas o más puede aumentar el VO_{2max} en un 7,3% con un aumento promedio de 2,82 ml/min/kg, en sujetos adultos. También se encontró que el promedio de VO_{2max} en el grupo experimental antes de la intervención era 38,9 ml/min/kg \pm 5,44, lo que puede indicar que la mayoría de la muestra, antes de la intervención, tenía un VO_{2max} clasificado, según la American Heart Association, en bueno para mujeres y medio para hombres. Por otra parte, el promedio de VO_{2max} después de una intervención con HIFT fue de 41,70 ml/min/kg, \pm 5,45, que según la misma clasificación, es bueno para mujeres y medio para hombres, pero con una tendencia de cambio a clasificarse en bueno para hombres (27). Es importante mencionar que los valores más altos de consumo de oxígeno fueron reportados en hombres comparados con las mujeres.

Por otra parte, la magnitud del cambio del VO_{2max} fue más evidente en hombres que en mujeres; se estimó una diferencia promedio de 2,4 ml/min/kg en hombres más que en mujeres, lo que corresponde a un aumento de 3% más en hombres, en comparación con las mujeres. Por otro lado, la población que era activa antes de la intervención tuvo un aumento promedio de 2,57 ml/min/kg que corresponde a un incremento de 6,92%. En esa misma línea, la población que era sedentaria antes de comenzar la intervención tuvo un aumento de 3,15 ml/min/kg lo que corresponde a un porcentaje promedio de cambio de 7,66%. Según lo anterior, los cambios más significativos se generaron, en mayor magnitud, en personas

sedentarias antes de la intervención, con una diferencia en comparación a la población activa de 0,58 ml/min/kg, que corresponde a un 0,74%.

Agregando a lo anterior, se pudo encontrar que el 75% (n=9) de los estudios incluidos reporta cambios significativos en el VO_{2max} y el 25% (n=3) reporta aumentos, pero no significativos. Así mismo, al discriminar, por tipo de estudios, entre ensayos clínicos y cuasiexperimentales, se encontró que los estudios cuasiexperimentales (n=5), el 20% (n=1) no reportan cambios significativos después de una intervención con HIFT por más de cuatro semanas y el 80% de estos estudios (n=4) si tuvieron cambios significativos; se estableció un aumento promedio de 3,8 ml/min/kg que corresponde a un incremento de 9,86%. El promedio de VO_{2max} antes de las intervenciones en estos tipos de estudio, fue de 38,9 ml/min/kg \pm 3,7 y los valores promedio post-intervención fue de 42,1 ml/min/kg \pm 3,8.

Del mismo modo, se encontró que en los ensayos clínicos incluidos en la revisión (n=7), el 57,1% (n=4) tuvieron cambios significativos del VO_{2max} y el 42,86% (n=3) tuvieron aumentos, pero no significativos. El cambio absoluto promedio en el grupo experimental fue de 2,1 ml/min/kg que corresponde a un porcentaje de cambio de 5,47%. En este mismo sentido, la línea de base promedio fue de 38,8 ml/min/kg y post-intervención 41 ml/min/kg.

En el análisis de los grupos de controles de los ensayos clínicos (n=7), se estableció un promedio de cambio absoluto en el VO_{2max} 1,83 ml/min/kg que establece un cambio de 4,1%. Los valores promedios registrados de VO_{2max} fueron: pre-intervención 34,9 ml/min/kg \pm 5,1 y post-intervención 37,4 ml/min/kg \pm 5,6.

Por otra parte, de todos los estudios incluidos en la revisión, el estudio que menos registró cambios con intervención en HIFT, tuvo un aumento en valores absolutos de 0,75 ml/min/kg que corresponde a un porcentaje de cambio de 1,85% (10). Así mismo, el estudio que reportó

mayor efecto con intervención en HIFT por más de cuatro semanas, tuvo un aumento de 6,19 ml/min/kg y un cambio significativo del 16% (11). Para ver un resumen detallado de los resultados acerca del desenlace principal VO_{2max} , ver tablas: 1, 2,3 y 4 en anexos. Para ver resumen, ver tabla 5 en anexos.

Agregando a lo anterior, se resumen de manera descriptiva los cambios reportados por algunos estudios incluidos en la revisión sistemática, en cuanto a VO_{2max} . Un estudio reportó que una intervención con CR, durante 12 semanas a 21 sujetos, genera cambios significativos en el VO_{2max} : (pre-intervención $46,5 \pm 6,9$ ml/kg/min, post-intervención $48,3 \pm 7,8$ ml/kg/min), lo cual indica un aumento de $1,8$ ml/kg/min $\pm 3,7$, con una significancia estadística $p < 0,05$, entre pre y pos-intervención, reportando un porcentaje de cambio de 3,87%, aunque el grupo control, el cual realizó trabajo de resistencia aeróbica (POL), evidenció un aumento del $8,45\% \pm 7$ (17). De igual manera, un estudio realizado en Texas, Estados Unidos con una duración de 8 semanas a sujetos sedentarios y con sobrepeso con intervención en HIFT, reportó cambios significativos en mejoras del VO_{2max} (Pre-HIFT $32,51$ ml/kg/min $\pm 8,84$), Post-HIFT $34,31 \pm 8,63$ (ml/kg/min) ($p=0,003$), lo cual evidencia un aumento del VO_{2max} : ($\Delta=+5,5\%$), concluyendo que una intervención con HIFT mejora la aptitud cardiorrespiratoria (13).

Así mismo, un estudio reportó que una intervención con CR durante 12 semanas a sujetos con sobrepeso y normopeso, puede aumentar el consumo de oxígeno significativamente en un 16%, en mujeres (pre-crossfit $38,71$ ml/min/kg $\pm 5,67$, post-crossfit $44,91$ ml/min/kg $\pm 6,24$, $P=0,02$), concluyendo que los cambios más significativos se reportaron en mujeres con sobrepeso que en hombres normopeso (11). Así mismo, varios estudios incluidos en la

revisión reportan, aumentos significativo en el VO_{2max} , con intervención en HIFT, HIMT O CR, por más de 4 semanas en hombres y mujeres (8,19,28,29).

Por el contrario, una investigación donde se intervinieron a 25 sujetos con HIFT entre hombres y mujeres, demostró que no hay cambios significativos en el VO_{2max} cuando se realiza una intervención con HIFT después de 9 semanas y 36 sesiones (16). Sin embargo, los resultados no son confiables, ya que de 25 personas solo finalizaron 19; las pérdidas superan el 10% del total de la muestra, por ende, los resultados del estudio no pueden ser concluyentes.

Así mismo, un estudio realizado en Estados Unidos, donde se intervino a una población con entrenamiento de circuito funcional y entrenamiento físico del ejército, reportó que no hay cambios significativos en ninguno de los dos grupos respecto al VO_{2max} . En este estudio se reportan pérdidas importantes: 6 participantes del grupo intervención y 8 del grupo control. También reporta que no hay cambios significativos en el VO_{2max} entre grupos. Sin embargo, en la discusión declara que hay mejoras en la resistencia cardiovascular (18).

Hallazgos secundarios: variables relacionados con salud y posibles impactos mediadores.

Existen algunas variables reportadas por la evidencia que podrían explicar o mediar el efecto del HIFT o ejercicios funcionales, por más de 4 semanas, en el VO_{2max} y en la salud. Las que más se reportaron en los estudios incluidos en la presente revisión fueron: masa magra, masa grasa, perímetro de cintura, fuerza muscular (fuerza funcional y fuerza máxima), concentración de glucosa, TA, FC y algunos parámetros de CV.

Se pudo encontrar que una intervención con HIFT por más de cuatro semanas puede promover una disminución de la masa grasa, impactando en el aumento del consumo de oxígeno. Así mismo, el aumento del consumo de oxígeno aumenta la lipólisis disminuyendo el tejido graso, por ende, los efectos de HIFT sobre estas variables tienen un impacto recíproco entre ellas. En esa misma línea, se encontró que el VO_{2max} aumentó en promedio 6,1% en las intervenciones que midieron estas dos variables. También, la evidencia incluida en la revisión demuestra que hay una relación entre disminución de masa grasa y aumento de VO_{2max} , después de una intervención con HIFT, ya que el 60% de los estudios incluidos que miden estas dos variables, reportaron disminución significativa de masa grasa y aumento significativo de VO_{2max} , (n=6). Así mismo, el 20% de los estudios no reporta cambios significativos en estas variables (n=2) y el 20% reportó cambios no significativos en el porcentaje graso, pero sí en el VO_{2max} (n=2).

A continuación, se resumen cambios reportados por algunos estudios incluidos en la revisión sistemática que miden VO_{2max} y masa grasa. Varios investigadores reportan cambios significativos en la disminución de grasa corporal cuando se interviene con HIFT por más de 7 semanas ($p < 0,05$), en adultos sanos con sobrepeso, en edades comprendidas entre 18 y 60 años. La reducción en el porcentaje graso fue aproximadamente de 3,8% y el VO_{2max} tuvo un aumento significativo promedio de 10,9%, siendo más prevalente este aumento en mujeres (8,12). Otro estudio reportó diferencias significativas en la disminución en el porcentaje de grasa corporal cuando se interviene con HIFT a población adulta durante 8 semanas: (Pre-HIFT $37,72\% \pm 10,45$, Post-HIFT $36,82\% \pm 9,84$, $p = 0,023$, con un efecto de ($\Delta = -2,4\%$) y una reducción de cambio absoluto, aproximadamente de 0,9%, en el porcentaje graso. El VO_{2max} también tuvo mejoras significativas de 5,5% (13).

De igual manera, otro estudio reportó una disminución significativa en el porcentaje de grasa de $2,62\% \pm 2,5$ ($p \leq 0,05$) después de una intervención con HIMT durante 12 semanas en sujetos normopeso y activos físicamente antes de la intervención; el VO_{2max} tuvo una mejora significativas de un 3,87% (17). Otros estudios cuya intervención fue CR y HIFT, reportan disminución significativa en la grasa corporal y una disminución aproximada de un 1,9% y un efecto de $-2,5 \text{ kg} \pm 3,9$. Además se estableció que en hombres y mujeres, el VO_{2max} tuvo un aumento significativo promedio de 5,7% (29,30). Así mismo, otro estudio con intervención en CR reporta una disminución significativa aproximadamente de 1,15% en el porcentaje grasa en mujeres y el VO_{2max} tuvo aumentos significativos de 6,2 ml/kg/min que corresponde a un aumento del 16% (11). Otros estudios con intervención en HIFT, CR, y HIMT reportan que no hay cambios significativos en la disminución de grasa corporal (10,18).

En referencia al perímetro de cintura, varios estudios incluidos en la revisión, que miden VO_{2max} y esta variable, reportaron efectos inversos y se pudo establecer que el promedio de cambio en cuanto a la disminución de perímetro de cintura fue aproximadamente en 1,9% y el aumento promedio de VO_{2max} fue 12,5%. También se encontró que un estudio incluido en la revisión, demostró efectos significativos en el aumento del VO_{2max} , pero no en disminución de perímetro de cintura (8). Por el contrario, otro estudio reportó cambios significativos, tanto en el aumento del VO_{2max} , como en la disminución del perímetro de cintura, solo en mujeres (11).

A continuación, se resumen los resultados de los dos estudios que midieron esta variable con intervención en HIFT. El primer estudio reporta disminución del perímetro de cintura, aunque no se presentó de manera significativa. Sin embargo, el VO_{2max} aumentó 3,3

ml/kg/min que corresponde a un 9,1% con un valor ($p < 0,05$) (8). Otro estudio realizado en Polonia demostró que una intervención con CR puede disminuir de manera significativa el perímetro de cintura en mujeres, después de una intervención de 12 semanas (antes del entrenamiento, $67,75 \text{ cm} \pm 2,63$, después del entrenamiento, $65,75 \text{ cm} \pm 2,22$, $p = 0,02$) con un cambio de 2 cm y un porcentaje de cambio de 2,95%. En cuanto al $\text{VO}_{2\text{max}}$, aumentó significativamente en mujeres en $6,2 \text{ ml/kg/min}$, lo que significa un aumento del 16% (11).

Por otra parte, varios estudios incluidos en la revisión sistemática reportan cambios significativos en la masa magra y el $\text{VO}_{2\text{max}}$ después de una intervención con HIFT. Los estudios incluidos en la revisión que midieron estas dos variables reportaron un aumento promedio de $\text{VO}_{2\text{max}}$ de $3,4 \text{ ml/kg/min}$ que corresponde a un de 9,2%. También se pudo establecer un aumento promedio en la masa magra de 1,36 kg y un porcentaje de cambio de 2,3%. Adicionalmente se encontró que el 60% de los estudios incluidos en la revisión, que midieron estas dos variables $n=3$, reportaron aumentos significativos en el $\text{VO}_{2\text{max}}$ y masa magra, el 20% $n=1$, no reportó cambios significativos en estas dos variables y el 20% $n=1$, reportó aumento significativo en el $\text{VO}_{2\text{max}}$ y aumento no significativo en la masa magra. Se puede determinar que, aunque hay disparidad en cuanto a resultados significativos en las dos variables, al parecer hay un evidente efecto mediador de la masa magra sobre el consumo de oxígeno.

En este orden de ideas, se hace un resumen descriptivo de los resultados de cada estudio incluido en la revisión que midió estas dos variables. Un estudio reportó cambios en la masa magra después de una intervención con HIFT durante 8 semanas, en población sedentaria y con sobrepeso; se reportan los siguientes resultados: (Pre-HIFT $48,20 \text{ kg} \pm 13,37$, Post-HIFT $49,26 \text{ kg} \pm 13,81$, $p=0,006$), con un efecto de la intervención de ($\Delta=+2,2\%$). Adicionalmente,

el VO_{2max} aumentó significativamente en 5,5% (13). Otro estudio reporta, después de realizar una intervención con crossfit high-intensity power training durante 10 semanas en hombres y mujeres, cambios significativos de masa magra en ambos sexos, ($p=0,001$) con un porcentaje de cambio de 1,79% y el VO_{2max} tuvo un aumento significativo de 5,1 ml/kg/min que corresponde a un 12,6% (12).

Así mismo, un estudio realizado por E. Murawska-Cialowicz¹, con intervención en CR, durante 12 semanas en personas sedentarias con sobrepeso y normopeso, reportó los siguientes cambios en cuanto al peso corporal: Hombres: pre-intervención (69,20 kg \pm 3,68), post-intervención (70,59kg \pm 3,67, $p=0,004$, con un porcentaje de cambio del 2%), mujeres: pre-intervención (45,05kg \pm 4,17), post-intervención (45,65 \pm 4,18 $p= 0,02$, con un porcentaje de cambio 1,33%). De igual manera, el VO_{2max} aumentó significativamente en un 6,19 ml/kg/min en mujeres, que corresponde a un 16% (11). También, varios estudios reportaron cambios no significativos en este parámetro, como un estudio realizado en Suiza con intervención en HIFT, el cual reportó que no hay cambios significativos después de 4 semanas ($p>0,05$) sobre la masa magra. Sin embargo, esta variable aumentó 0,4% aproximadamente. Por otra parte, el VO_{2max} aumentó un 0,75 ml/kg/min, lo que significa un porcentaje de cambio de 1,85% (10). Así mismo, otro estudio realizado por Pratik Patel reportó un cambio de 1,02% en la masa magra y un aumento del VO_{2max} de 3,3 ml/kg/min, correspondiente a un porcentaje de cambio de 9,1% (8).

Otra variable importante medida en algunos estudios es la fuerza (funcional y máxima), ya que se puede determinar los efectos fisiológicos que tiene una intervención con HIFT sobre la fuerza y su posible efecto mediador en el VO_{2max} . En consecuencia, se encontró un promedio de cambio en la fuerza de 51% y un aumento de 6,46% en el VO_{2max} . También se

evidencian mejoras significativas en la mayoría de los parámetros de diferentes tipos de fuerza y en todas las partes del cuerpo. Por ende, se encuentra algún tipo de relación entre los tipos de fuerza (fuerza funcional y fuerza máxima) y efectos en el VO_{2max} , ya que el 66,6% de los estudios incluidos, que miden estas dos variables, tienen aumentos proporcionales y significativos en estos parámetros. Por otro lado, el 33,4% de los estudios reportan cambios significativos en la fuerza, pero no en el VO_{2max} .

Agregando a lo anterior, se resumen algunos resultados de estudios incluidos en la revisión que midieron estas variables con intervención en HIFT. Un estudio realizado, reportó cambios significativos en parámetros de fuerza muscular con intervención en HIFT durante 8 semanas, en sujetos con sobrepeso y sedentarios (13). Estos parámetros fueron: prensa de piernas 5 RM (kg), antes de la intervención $164,61 \pm 54,35$, pos-intervención $201,62 \pm 67,50$, cambio absoluto +55 kg, y un efecto $\Delta = +22,7\%$. Otro movimiento medido fue press de banca (5RM) (kg), antes de la intervención $39,12 \pm 20,15$, pos-intervención $46,43 \pm 21,18$, cambio absoluto +7kg, y un efecto de $\Delta = +18,6\%$, así mismo, abdominales (reps), antes de la intervención 25 ± 9 pos-intervención 32 ± 10 , cambio absoluto de +7reps y un efecto $\Delta = +28,0\%$ y flexibilidad (cm), antes de la intervención $30,36 \pm 11,36$, pos-intervención $32,14 \pm 9,66$ que corresponde a un cambio absoluto de +1,78cm con un efecto de $\Delta = +5,9\%$; estos parámetros tuvieron una mejora significativa con intervención HIFT ($p < 0,05$). Así mismo, el VO_{2max} tuvo mejoras en 1,8 ml/kg/min que corresponde a un 5,5%. Otro estudio realizado en Estados Unidos reportó cambios significativos positivos en la fuerza funcional (30) uno de estos fue, palancas de pierna (n=número de repeticiones) (antes $n = 15,7 \pm 11,0$, después $n = 22,3$, $p = 0,001$), reportando un porcentaje de cambio 42% y un aumento absoluto en 12,4 repeticiones, Burpees antes $n = 7,0 \pm 2,7$, después $n = 276 \pm 10,8$, porcentaje de

cambio 294,2% y absoluto $n=+20,5$, sentadillas con pierna, antes $n=13,7 \pm 5,9$, después $n=39,9 \pm 9,4$, porcentaje de cambio 191,2% y cambio absoluto $n= +26,2$, y 30-s y Skipping antes $n= 76,6 \pm 21,9$, después $n= 136 \pm 37,0$, porcentaje de cambio 78,9% y cambio absoluto $n=+59,4$. Así mismo, el VO_{2max} tuvo aumentos significativos de 4,2%. La intervención en cuanto a parámetros de fuerza funcional y consumo de oxígeno fue calificada como muy positiva. En esta misma línea, otro estudio incluido en la revisión reportó mejoras significativas en el VO_{2max} de un 11%, como también aumentos significativos de fuerza máxima (19). Por otra parte, un estudio reportó mejoras no significativas del consumo de oxígeno en 1,6 ml/kg/min (aumento del 3,62%), aunque la fuerza funcional si tuvo mejoras significativas (16). Por otra parte, dos estudios reportaron mejoras en algunos parámetros de fuerza explosiva, fuerza funcional y flexibilidad, pero no son cambios significativos. En cuanto al VO_{2max} , en el primero de ellos si hubo mejoras de 3,3 ml/kg/min que corresponde a un 9,1% (8). En el segundo estudio, aunque se reportó un aumento del consumo de oxígeno en un 5,67%, este cambio no fue estadísticamente significativo (18).

Por otra parte, un estudio incluido en la revisión midió VO_{2max} y concentración de glucosa en ayunas con intervención en CR, con una duración de 8 semanas, 24 sesiones, en población adulta, sedentaria y con sobrepeso, donde el grupo control realizó entrenamiento aeróbico continuo ($n=9$). Este estudio no reportó cambios significativos respecto a la concentración de este parámetro en ningún grupo. Sin embargo, el VO_{2max} sí tuvo un aumento de 3,3 ml/kg/min que corresponde a un 9,1% (8). Por consiguiente, no se encuentra un efecto entre la concentración de glucosa y un efecto mediador en aumentos de VO_{2max} cuando se interviene con HIFT, ya que este último parámetro aumentó significativamente y la glucosa no tuvo cambios de manera significativa.

Por otra parte, algunos estudios incluidos en la revisión midieron la TA, la cual es un indicador de salud cardiaca, endotelial y vascular (31). Estos reportaron cambios no significativos en la TAS y cambios estadísticamente significativos de la TAD de 5,65 mmHg, lo que corresponde a una (disminución) promedio de 11,2%, con intervención HIFT por más de cuatro semanas. También se pudo establecer, en los estudios que midieron consumo de oxígeno y TA un aumento de 7,4% en el VO_{2max} . Lo anterior evidencia una relación poco evidente entre disminución de TA, especialmente la TAS y aumento de VO_{2max} , aunque si se reportaron cambios significativos en la TAD.

Otra variable medida en algunos estudios fue la frecuencia cardiaca (FC). Para esta variable se encontró que los estudios incluidos en la revisión, que miden VO_{2max} y FC con intervención en HIFT (n=5), reportaron un promedio de disminución de 5,5 pulsaciones por minuto (ppm), que corresponde a una disminución de 2,5% en la FC reposo; paralelamente, se encontró un aumento de 3,9% respecto al VO_{2max} . Además, se encontraron algunos hallazgos interesantes como: 1) cambios significativos en las dos variables 2) resultados significativos sobre la FC en reposo, pero no en esfuerzo y aumentos significativos en el VO_{2max} 3) efectos significativos en el VO_{2max} , pero no cambios significativos en la frecuencia cardiaca. Es importante aclarar que cada uno de estos hallazgos corresponde a un 20% de los estudios incluidos que mide estas dos variables y el 40% reporta que no hay cambios significativos en ninguna de estas dos variables.

Otra variable medida en algunos estudios incluidos fue la calidad de vida, específicamente en parámetros de rol social, físico y mental (10,30). Estos estudios reportaron cambios significativos en esta variable, la cual fue medida con el instrumento (SF-36) (32); este

instrumento declara, que entre más alto el puntaje, mejor percepción en el parámetro medido. En esta revisión no se encontró una relación clara entre el aumento de VO_{2max} y los parámetros de calidad de vida con intervención en HIFT. Además, en solo el 50% (n=1) tuvo cambios significativos en el VO_{2max} con un aumento de 4,2% (30) y un aumento promedio de los dos estudios de 3,65% sobre este parámetro. Lo que si se encontró claramente es que una intervención con HIFT tiene cambios significativos en algunos parámetros de calidad de vida. Sin embargo, es importante mencionar que los participantes refirieron un aumento en la percepción de dolor, especialmente en la espalda, el hombro y las rodillas.

Agregando a lo anterior, de manera descriptiva se hace un resumen de resultados de los dos estudios que midieron VO_{2max} y parámetros de calidad de vida. Un primer estudio fue realizado en suiza, con una intervención a 19 mujeres con sobrepeso y sedentarias durante 9 semanas con circuito HIIT y circuito combinado. En este orden de ideas, se presentan los resultados reportados por los estudios. Una de las dimensiones es la función física, la cual reportó los siguientes cambios: CircuitHIIT antes $94 \pm 5,5$, después 98 ± 3 , $p=0,008$, porcentaje de cambio (PC)=4,26%. Así mismo la percepción de dolor aumentó significativamente: CircuitHIIT antes: 96 ± 9 , después: 74 ± 19 , $P=0,008$ PC=22%, Circuitcombined antes 91 ± 1 , después 90 ± 17 , $p=0,016$, PC=1,21% (30).

Por otra parte, la percepción general de salud también tuvo cambios importantes: CircuitHIIT, antes 74 ± 15 , después 74 ± 18 , $p= 0.039$, Circuitcombined, antes 66 ± 1 , después, 83 ± 17 , $p= 0,037$, PC=25,76%. Cabe mencionar que es importante tener precaución frente a estas conclusiones ya que el estudio reportó los mismo valores pre y post intervención concluyendo que existió un cambio estadísticamente significativo, sin embargo, el estudio reportó los mismos valores para pre y postintervención en el anterior parámetro, pero con

una significancia estadística $p < 0,05$. Además, el parámetro vitalidad también tuvo cambios significativos: CircuitHIIT, antes 58 ± 13 , después 66 ± 10 $p = 0,001$, $PC = 13,79\%$. Por otra parte, la función social tuvo cambios importantes: CircuitHIIT antes 77 ± 18 después 94 ± 10 , $p = 0,009$, $PC = 22\%$. El rol emocional también fue medido y tuvo cambios significativos: CircuitHIIT, antes 73 ± 29 después 91 ± 22 , $p = 0,015$, $PC = 24,66\%$. Ya para finalizar, la salud mental mejoró de manera importante: CircuitHIIT antes 72 ± 14 , después 76 ± 11 , $p = 0,013$, $PC = 5,56\%$. Un segundo estudio, reporta cambios similares con el estudio anteriormente mencionado en parámetros de calidad de vida. Sin embargo, no se reportan cambios significativos en todas sus dimensiones, excepto en percepción general de salud y función física ($p < 0,05$) (10).

Principales hallazgos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Primer autor y año	Diseño de estudio	Población	Duración de la intervención	Variables evaluadas	comparador	hallazgos
Billy Sperlich (2018)	Ensayo clínico aleatorio	N=24 (12 mujeres 12 hombres)	4 semanas	Composición corporal (%masa grasa y %masa magra) Parámetros cardiorrespiratorios (vO2 Max, FC,) Parámetros de actividad física Fuerza funcional Calidad de vida	CircuitHIIT X1 vs CircuitHIIT X2	Se encontró que una intervención con CircuitHIITx2 no mejora significativamente el VO2 Max $P = 0,977$, % de cambio absoluto $+1,2$ ml/kg/min Mejora algunos parámetros de fuerza funcional como: pushups y burpee ($p < 0,05$), se reportó mejoras en algunos aspectos de la calidad de vida, no se reportan cambios significativos en la composición corporal

Matthew f. (2018)	cuasiexperi	N=14 (10 hombres 4 mujeres) en sobrepeso y sedentarios	8 semanas (24 sesiones)	Parámetros cardiorespiratorios (presión arterial, FC, VO2max (mL / kg / min) Composición corporal (masa magra, %grasa corporal) Fitness muscular	High-Intensity Functional Training	Este estudio incluye mejoras estadísticamente significativas en la aptitud cardiorespiratoria (P=0,03 Δ = +5,5%). Otros hallazgos secundarios fueron: aumento de masa magra (p=0,006), disminución en porcentaje grasa (P=0,023) aumento de Fuerza, resistencia muscular y flexibilidad en adultos físicamente inactivos después de 8 semanas. En este estudio, se observó una disminución del 2,4% en el porcentaje de grasa corporal, principalmente debido a un 2,2%. Incremento en la masa corporal magra.
Michael m. 2013	Cuasiexperi	N=43 (23 hombres 20 mujeres) en sobrepeso y activos	10 semanas (50 sesiones)	Composición corporal: masa magra (kg), % grasa corporal Fitenes respiratorio: VO2max (ml/kg/min)	crossfit-based high-intensity power training	La intervención reporta mejoras significativas en la capacidad aeróbica máxima (P=0,0006) diferencia del cambio absoluto fue +5,86 ml/kg/min Otros hallazgos secundarios fueron: mejora en la composición corporal como disminución del porcentaje grasa (P=0,000002) se evidencia aumento en la masa magra (P=0,001) en individuos de todos los niveles de condición física y género, de igual manera se reporta aumento relativo del VO2max, este parámetro fue fuertemente mediado por la mejora del consumo absoluto de oxígeno.
E Murawska-Cialowicz (2015)	Cuasiexperi	N=12 (7 hombres sedentarios con sobrepeso y 5 mujeres en normopeso y sedentarias),	12 semanas 24 sesiones.	Composición corporal: (masa magra; % grasa corporal y perímetro de cintura) Parámetros fisiológicos: (VO2max (ml / min/	Crossfit	El vo2max aumento de manera significativa en mujeres (P=0,02). El valor medio del VO2max en mujeres aumentó en un 14%. El estudio reporta disminución significativa en el porcentaje grasa en mujeres (P=0,05) y aumento en la masa magra en

				kg), Lactato (mmol/l), BDNF)		ambos sexos (P=<0,05), también disminuyo el perímetro de cintura en mujeres (P=0,02), se concluyó que el entrenamiento CrossFit después de 3 meses de intervención resultó en un aumento significativo en el nivel de BDNF en reposo, tanto en hombres como en mujeres.
Andrew J Carnes,(2001)	Ensayo clínico	N=21 (8 hombres y 13 mujeres) normopeso y activos	12 semanas 60 sesiones	Parámetros fisiológicos: VO2max (ml / min / kg) Composición corporal: % grasa	CrossFit Endurance (CFE) vs polarized endurance training (POL)	El VO2max tuvo mejoras significativas con intervención en crossfit, con un porcentaje de cambio de +3.42± 3.7 el entrenamiento POL tiene mejores efectos sobre esta variable El estudio sugiere que los corredores recreativos pueden obtener mejoras similares en un recorrido de 5 Km, partir de dos diferentes estrategias: POL y CFE. Respecto al porcentaje grasa el estudio reporta disminución significativa en ambos grupos, aunque el grupo crossfit tuvo mejores resultados.
Pratik Patel 2008	Ensayo clínico	N=18 (6 hombres 12 mujeres) sobrepeso y sedentarios	8 semanas 24 sesiones	Parámetros fisiológicos: VO2 Pico mL / kg / min, glucosa en ayunas Parámetros funcionales: potencia de tren inferior, resistencia muscular de tren inferior y superior, flexibilidad y equilibrio. Composición corporal: % grasa corporal, masa corporal magra.	Crossfit (CF) vs entrenamiento de resistencia aeróbica (A-RT)x	Si hubo mejoras significativas en el VO2 Pico P= 0.02, aumento 9,1% en el grupo CF Los resultados de este estudio muestran que ocho semanas de entrenamiento A-RT o CF no tienen resultados significativos en el control de glucosa y composición corporal. Sin embargo si se incrementó en el grupo CF las repeticiones en parámetros funcionales como: Pushups Knees (P= 0.02), Situps (P= 0.01), el único parámetro que tuvo mejoras significativas en el grupo (A-RT) fue Pushups Knees (P=0.01), no hubo diferencias significativas comparado entre grupos.
Derek A. Crawford, 2018	cuasiexperi	N=25 (13 hombres 12 mujeres) con sobrepeso y sedentarios	9 semanas 36 sesiones	Parámetros fisiológicos: VO2max (mL / kg /min)	High-Intensity Functional Training	El estudio no reporta cambios significativos en VO2max (mL /kg / min) P=>0,05 sin embargo se incrementó en un 3.3%

				Fuerza muscular 1 RM (KG) tren superior e inferior, potencia máxima (W)		Parámetros de fuerza muscular reportan aumentos significativos en sentadilla, prensa y peso muerto (P=<0,05) la potencia anaeróbica tuvo mejoras significativas (P=0,021).
Justin Michael Goins 2014	cuasiexperi	N=12 (hombres 4 sobrepeso y activos, mujeres 8 normopeso activas).	6 semanas 30 sesiones	Composición corporal: % De grasa. Parámetros cardíacos: FC y presión arterial. Parámetros fisiológicos: VO2max (ml / kg / min), Capacidad anaeróbica. Rendimiento funcional: tren superior y tren inferior.	crossfit	El estudio reporta una mejora significativa en la capacidad aeróbica (VO2 máx.) (P = .001), con un porcentaje de cambio del 11% y la capacidad anaeróbica (P = .021), Otros hallazgos secundarios fueron: no hubo una diferencia significativa en la potencia muscular (salto vertical), Hubo una mejora estadísticamente significativa en todas las mediciones de rendimiento (p <.001), No hubo cambios significativos en la HR (p = .814), la composición corporal (p = .317), o la PA sistólica (p = .145). Sin embargo, hubo una mejoría significativa en la TA diastólica (p = .014). La composición corporal y la TA sistólica en reposo, tuvieron tendencia a mejorar.
Katie M. Heinrich, 2012	Ensayo clínico	N=67 entre hombres y mujeres sobrepeso y activos.	8 semanas 15 sesiones	Parámetros de rendimiento: Tren superior, abdomen, flexibilidad, potencia de salto, agilidad y fuerza muscular en tren superior. Composición corporal: porcentaje de grasa corporal. Fisiológicos: presión arterial, FC, tasa metabólica basal, VO2 relativo (ml/kg/min)	Mission Essential Fitness (MEF) Vs preparación estándar del ejército (APRT)	No reporto mejoras en el VO2 máx. comparado entre grupos (P=0,455) Los resultados de este estudio demuestran que MEF mejora la fuerza muscular, la resistencia muscular, la resistencia cardiovascular, Fuerza y flexibilidad manteniendo la composición corporal y minimizando lesiones. Estos resultados apoyan La utilidad del entrenamiento funcional al estilo circuito para militares. Se reporta una disminución significativa de la FC en prueba escalonada mas no en la FC reposo como tampoco en la TA.
Stephanie Buckley,201 5	Ensayo clínico	N=28 mujeres (normopeso y activos).	6 semanas 18 sesiones	Parámetros fisiológicos: VO2max ml·kg·min-1)	multimodal (MM-HIIT) vs remo (Row-HIIT)	El VO2max tuvo un aumento significativo en ambos grupos, MM-HIIT O HIMT Y el grupo control (P < 0.05) Hubo efectos positivos en fuerza muscular entre grupos (P=<0,05), sentadilla y prensa,

				Fuerza muscular: sentadilla, prensa y peso muerto		sin embargo en ambos grupos no hubo cambios significativos en el peso muerto.
Angela Notarnicola 2018	Ensayo clínico	N=32 (16 hombres y 16 mujeres) normopeso y activos	24 semanas	Composición corporal: relación cintura altura y masa grasa, Parámetros fisiológicos:VO2ma x relativo, FCmax	TRX vs crossfit	El grupo crossfit aumento el VO2max relativo de manera significativa p=0.03 diferencia absoluta +2,9(mL /kg / min). No se muestran diferencias significativas comparando los resultados entre grupos, sin embargo, hubo disminución del porcentaje grasa en ambos grupos siendo crossfit más eficiente para reducir este parámetro. En cuanto a la relación cintura altura la disminución no fue significativa en ambos grupos, respecto a la FC max no tuvo diferencias significativas entre grupos ni en el mismo grupo después de la intervención.
Billy Sperlich1*, 2017	Ensayo clínico	19 mujeres en sobrepeso y sedentarias	9 semanas	Composición corporal (%masa grasa y %masa magra) Parámetros cardiorrespiratorios(v02 Max, FC.) Parámetros de Fuerza funcional Calidad de vida	CircuitHIIT VS Circuitcombin ed	Hubo aumentos significativos en ambos grupos en el v02 Max P<0,05, porcentaje de cambio en el grupo Circuitcombined 4,3% y cambio absoluto de 1,3 (mL /kg / min Hubo disminución en la grasa corporal, también hubo aumentos en la masa magra. Además reporta aumentos en las repeticiones de fuerza funcional. También se reporta aumento significativo de dolor después de la intervención y mejoras en algunos parámetros de calidad de vida. La FC no tuvo cambios significativos.

DISCUSION

El entrenamiento funcional de alta intensidad o HIFT es un tipo de entrenamiento que se puede adaptar a cualquier nivel de condición física y puede reclutar más cantidad de fibras musculares que el entrenamiento cardiovascular. Muchos estudios que involucran en sus planes de entrenamiento HIFT, utilizan métodos y estructuras basadas en CR (33). En esa misma línea, al parecer los sistemas energéticos que más se estimulan durante estos tipos de entrenamientos son el sistema de los fosfágenos (PCr) y el proceso de glucolisis con formación de lactato, aunque la acumulación de cargas establecidas prescritas en la dosificación del ejercicio induce a la oxidación de grasas. En ese orden de ideas, las fuentes energéticas más prevalentes durante la práctica de HIFT son: la fosfocreatina, glucógeno, glucosa hepática, muscular o plasmática y la oxidación de ácidos grasos, aunque la prevalencia del aporte energético puede variar dependiendo del nivel de entrenamiento y capacidad física de los sujetos intervenidos (34).

Según lo anterior, el proceso de contribución energética depende en gran medida del umbral de fatiga y condición física de cada sujeto, ya que la práctica de ejercicio físico contribuye a adaptaciones fisiológicas, entre estas la eficiencia mitocondrial y la mejora en el proceso de glucolisis. Sin embargo, a pesar de que se mejore este proceso, la acumulación de lactato y piruvato producido por la glucolisis, induce la pérdida de rendimiento durante el entrenamiento, por ende la intensidad del ejercicio físico suele disminuir a causa de la fatiga acumulada. De esta manera, se promueve la oxidación de ácidos grasos para satisfacer las demandas del esfuerzo físico. Por ende, aunque el proceso de glucolisis pueda ser el que más

aporte e interacción tenga para suplir las demandas metabólicas producidas por el esfuerzo físico durante la sesión de entrenamiento, no es fácil determinar los porcentajes de prevalencia de los sustratos energéticos durante la práctica de HIFT (35). Ahora bien, es importante tener en cuenta otras variables que pueden ser determinantes en el rendimiento cuando se practica HIFT, entre estas están: genotipo, fenotipo, densidad capilar, concentración de enzimas, estado mitocondrial, medio ambiente y prevalencia de tipo de fibras musculares. Estos determinantes también pueden tener un impacto en los niveles de VO_{2max} en los practicantes de HIFT (36,37),(38).

Por otra parte, según la hipótesis propuesta en la presente revisión, se puede determinar que una intervención con HIFT o entrenamientos derivados de este por cuatro semanas o más en población adulta sana en sobrepeso y normopeso, puede generar aumentos significativos en el VO_{2max} , ya que el 75% de los estudios incluidos en la revisión reportaron cambios significativos en esta variable ($p < 0,05$) y el 25% reportaron aumentos en este parámetro sin ser significativos ($p > 0,05$). Además, HIFT puede aumentar el VO_{2max} en un 2,82 ml/min/kg que corresponde a un 7,3%, en sujetos adultos y sanos. Es importante mencionar que en un estudio incluido en la revisión donde se intervino a población adulta durante 4 semanas con ejercicio físico funcional de alta intensidad no se reportó efectos significativos sobre el VO_{2max} (10). Lo anterior contrasta con otros estudios incluidos en la revisión que tuvieron intervenciones con mayor duración y reportaron efectos significativos sobre el consumo máximo de oxígeno (11,19,28). Por esta razón, se puede afirmar que en concordancia con la hipótesis propuesta en la revisión, una intervención debe ser mayor a 4 semanas, con el fin de aumentar la probabilidad de obtener resultados estadísticamente significativos. La

afirmación anterior, tiene sentido respecto a la plausibilidad biológica y adaptaciones fisiológicas inducidas por la práctica de ejercicio físico crónico y concuerda con un metaanálisis elaborado por Rocío Cupeiro, el cual demostró que intervenciones entre 4 semanas y 24 semanas reportan resultados significativos y positivos respecto a la capacidad aeróbica (20). Por otra parte, se debe tener en cuenta que en los estudios incluidos en la revisión donde hubo grupo control, también se reportaron aumentos respecto al VO_{2max} de 1,83 ml/min/kg que corresponde a un porcentaje de cambio de 4,1%.

Lo anterior concuerda con los resultados reportados por Yuri Feito y Katie M. Heinrich, en un estudio descriptivo donde se concluyó que las intervenciones con HIFT aumentan de manera significativa el VO_{2max} aproximadamente en un 12% (33). Lo anterior es consistente con los hallazgos encontrados por Melanie a. y Roberts, los cuales reportaron mejoras en la capacidad aeróbica en 115 candidatos para bomberos con intervención en ejercicios físicos supervisados que simulaban movimientos funcionales a las labores de los bomberos (39). Estas evidencias demuestran que una intervención con HIFT de manera crónica, permite mejorar determinantes de la capacidad aeróbica como: aumentos de capilares musculares, aumento de enzimas y tamaño de la masa mitocondrial. También mejora la respuesta de los músculos respiratorios, generando una mayor activación alveolar, promoviendo el intercambio de gases (O_2 y CO_2) y aumentando la irrigación sanguínea. Las anteriores adaptaciones fisiológicas inducidas por la práctica de HIFT contribuyen al aumento de VO_{2max} (37,40).

En ese mismo sentido, algunos determinantes de la potencia aeróbica como, género, edad, aptitud física, tipo de ejercicio y la composición corporal se tuvieron en cuenta para la

presente revisión. Según lo anterior, es importante mencionar que la edad promedio de la población incluida fue de 26,7 años; estos sujetos se encontraban en un rango de edad donde no hay un decremento significativo respecto al consumo de oxígeno, entendiendo que este parámetro alcanza su máximo valor de mejora hacia los 20 años de edad y hay un decremento del 10% por cada década después de los 25 años. Por ende la población incluida en la presente revisión pudo aumentar significativamente sus valores de consumo de oxígeno con intervención en ejercicio físico en este caso HIFT (38).

Por otra parte, también es importante mencionar que las personas sedentarias con sobrepeso tienen mayor potencial de mejora en el VO_{2max} en comparación con personas entrenadas. Por ende, en población no activa físicamente y con exceso de peso se puede analizar de manera más precisa el efecto del HIFT sobre el VO_{2max} . Lo anterior se explica por el efecto techo (ceiling effect), que consiste en el umbral de mejora, el cual se reduce si la persona es entrenada o se encuentra en meseta física. Por el contrario, las personas no entrenadas que comienzan a hacer ejercicio físico, tienen un mayor umbral de mejora en comparación a las activas (41). Por este motivo, se encontró un mayor efecto de HIFT sobre el VO_{2max} en los sujetos sedentarios comparados con los activos.

La afirmación anterior concuerda, con estudios realizados con intervención en HIFT por más de cuatro semanas. Un primer estudio intervino por 8 semanas a sujetos con sobrepeso y sedentarios. Este reportó aumentos significativos en un 9,1%, respecto al VO_{2max} (8). En esa misma línea, un segundo estudio donde se intervino por 12 semanas con CR a sujetos activos y normopeso antes de la intervención, reportó aumentos significativos en un 3,87% en el VO_{2max} (17). En consecuencia, se establece que el aumento del consumo de oxígeno en

sujetos sedentarios y con sobrepeso fue mayor en un 5,3% en comparación a los sujetos activos y normopeso. Por otra parte, un meta-análisis realizado en Canadá reportó que los sujetos adaptados al ejercicio físico obtienen mejores resultados en el VO_{2max} con entrenamiento HIIT (42). Por ende, se puede determinar que, para tener efectos significativos sobre el VO_{2max} en sujetos adaptados al ejercicio físico, es necesario realizar trabajos cardiovasculares de alta intensidad (HIIT).

En consecuencia a los anteriores hallazgos, es importante entender algunos procesos fisiológicos y metabólicos que impactan en algunas variables mediadoras sobre el VO_{2max} y la salud cuando se interviene con HIIT por cuatro semanas o más. En este orden de ideas, es relevante conocer la función de la mitocondria, ya que este organelo celular cumple funciones en procesos metabólicos que impactan en el VO_{2max} , la composición y la funcionalidad corporal. Ahora bien, la mitocondria se encarga de transformar energía química en ATP, que finalmente se traduce en energía mecánica (movimiento corporal); este proceso puede tener dos variantes, una es la proliferación, la cual consiste en el aumento de número de mitocondrias por célula y la diferenciación, la cual hace referencia al cambio morfológico de la mitocondria con el fin de suplir más eficientemente los procesos metabólicos (43,44). En consecuencia a lo anterior es importante mencionar que el entrenamiento de alta intensidad activa las proteínas AMPK (Adenine monophosphate activated protein kinase) y la MAPK (Mitogen activated protein kinase), las cuales participan en la fosforilación directa del co-activador 1 α del receptor- γ proliferador de peroxisomas (PGC-1 α) (45). Lo anterior permite que haya una transcripción mitocondrial y por ende se produzca la biogénesis mitocondrial. En este orden de ideas, una mejora en la eficiencia mitocondrial incrementa la capacidad de

la célula para realizar respiración de manera más eficiente, lo cual promueve una mayor beta oxidación de ácidos grasos y mejoras en la capacidad aeróbica (46). Además, existe evidencia que soporta la relación entre la aptitud cardiorrespiratoria y la carga mitocondrial (47).

Lo anterior concuerda con un estudio realizado por Min Chul Lee, el cual menciona que el ejercicio físico de alta intensidad puede aumentar la concentración del gen y la proteína PGC-1 α en los músculos esqueléticos. Este gen es un regulador en el proceso de biogénesis mitocondrial, por ende este efecto hace que aumente la cantidad de mitocondrias, lo cual induce a aumentos en el VO_{2max} y una conversión de fuentes energéticas de carbohidratos a grasas (48). En este orden de ideas, se ha demostrado que los tipos de ejercicio funcionales de alta intensidad promueven la biogénesis mitocondrial que pueden mediar en el efecto de la reducción del tejido graso (49,50).

En este mismo sentido, es importante mencionar que la deficiencia mitocondrial puede acarrear problemas de salud como: mayores cantidades de radicales libres, reducción en la síntesis de hormonas esteroideas como (testosterona y estradiol), deficiencia en la apoptosis, que puede conducir a cáncer y resistencia a la insulina. También la deficiencia mitocondrial perjudica la obtención de energía proveniente de los macronutrientes, aumentando la probabilidad de desarrollar diabetes tipo 2 (46,51). Según lo anterior, la práctica de HIFT puede ser una estrategia para evitar la deficiencia mitocondrial y prevenir problemas de salud.

Por ende, es primordial estar activos físicamente e implementar estrategias como los entrenamientos con ejercicios funcionales de alta intensidad, ya que este tipo de entrenamiento pueden aumentar la biogénesis y eficiencia mitocondrial, además incrementa

la tasa metabólica basal, permitiendo la reducción del porcentaje graso que es un efecto beneficioso para la salud, si se tiene exceso de peso (52).

Por otra parte, HIFT también puede generar otros cambios fisiológicos en el cuerpo, como es el proceso de angiogénesis, el cual se refiere al aumento en la cantidad de vasos sanguíneos y el desarrollo de redes capilares de manera controlada y saludable, permitiendo intensificar la irrigación sanguínea, con el fin de que la demanda de oxígeno requerida por el ejercicio físico sea suplida de manera eficiente. De esta manera se promueve un mayor aporte de nutrientes y sustancias vitales para el funcionamiento de los órganos (53,54). De igual forma, se mejora la producción de energía a través del sistema aeróbico, ya que HIFT, a pesar de ser un método de entrenamiento de alta intensidad y demanda energética intrasesión, se genera una adaptación fisiológica que permite aumentar la capacidad de reservar glucógeno muscular, lo que permite responder eficientemente a una alta carga física. Por otro lado, está demostrado que este tipo de entrenamiento físico favorece la lipólisis pos-entrenamiento ya que el aumento del gasto energético total puede elevarse hasta el doble de la tasa metabólica basal. Por ende, el gasto calórico se mantiene por encima de los niveles normales después de los entrenamientos (55). Adicionalmente, la suma de las cargas explosivas e intensas de este tipo de entrenamiento tiene efectos positivos sobre el estrés oxidativo ya que aumenta los niveles de antioxidantes endógenos (56–58). Según lo mencionado anteriormente, se concluye la importancia de la práctica de HIFT con el fin de aumentar el VO_{2max} y su impacto sobre procesos fisiológicos que acarrearán beneficios en la salud, como el control del peso corporal.

En referencia a las variables secundarias, uno de los beneficios más reportados del ejercicio físico es el control del peso corporal, como lo reporta la OMS (59). Consecuentemente, este beneficio también es muy reportado por los estudios que realizaron intervención con HIFT, ya que este tipo de ejercicio físico promueve un alto gasto energético, lo cual se mantiene después de cada sesión (60).

Agregando a lo anterior, la disminución de grasa corporal y disminución de perímetro de cintura se le puede atribuir en gran medida, como se mencionó anteriormente, a la biogénesis mitocondrial la cual es inducida por una intervención con HIFT que impacta en mejoras sobre el VO_{2max} y que podría tener efectos en la disminución de % grasa. Además el aumento del consumo de oxígeno está relacionado con la función mitocondrial, por ende este efecto podría repercutir en la disminución de la grasa corporal, ya que el aumento de mitocondrias permite la eficiencia de oxidación de ácidos grasos para suplir las demandas metabólicas del esfuerzo físico (49). Otra razón, puede ser la relación entre la cantidad de masa muscular, la cual, al parecer, puede aumentar significativamente con intervención con HIFT, así como el aumento de la tasa metabólica basal, lo cual implica mayor gasto energético, por ende, promueve la oxidación de ácidos grasos (13,52). Por otra parte, el gasto energético inducido por el entrenamiento HIFT durante y después del entrenamiento, propende al uso en gran medida los sustratos energéticos derivados de la glucosa, ya sea plasmática, intramuscular o hepática. Por ende, al agotarse significativamente las reservas de este sustrato energético, se promueve la oxidación de ácidos grasos permitiendo la reducción de grasa corporal, donde el consumo de oxígeno es un parámetro de alta importancia en estos procesos energéticos (12,40).

Según lo encontrado en la revisión se podría soportar la hipótesis de que una intervención con HIFT tiene efectos significativos en el aumento del VO_{2max} , y que este efecto podría impactar en el porcentaje de grasa y el perímetro de cintura (PC), como lo menciona un estudio el cual reportó una correlación negativa entre aumentos de VO_{2max} y disminución de porcentaje de grasa (61). Además, HIFT, al tener cambios en estas variables (VO_{2max} , %graso y PC), impacta en la salud del individuo, aclarando que en algunas intervenciones los resultados pueden ser significativos y por ende muy beneficiosos para la salud. Sin embargo, la evidencia incluida en la presente revisión no es suficiente para dar resultados totalmente concluyentes.

Por otra parte, se podría concluir que, al momento de prescribir el HIFT con el fin de obtener beneficios sobre la composición corporal (disminución de porcentaje de grasa y perímetro de cintura), es importante que los ejercicios más prevalentes en la dosificación sean de tipo cardiovascular. La afirmación anterior concuerda con un estudio con intervención a 16 jóvenes adultos sanos con HIIT durante 12 sesiones. Este estudio reportó cambios significativos en la reducción de masa grasa de todo el cuerpo ($p < 0,05$), ya que esta intervención se basó en ejercicios cardiovasculares, predominantemente aeróbicos de alta intensidad y no en ejercicios funcionales (62).

Este hallazgo concuerda con un estudio con intervención en CR vs entrenamiento cardiovascular, el cual reportó una relación estadísticamente significativa entre el aumento del VO_{2max} y la disminución del % de grasa en sujetos que practicaron entrenamiento CR. Sin embargo, es importante resaltar que esta relación fue más significativa en el grupo de ejercicio cardiovascular, aclarando que en este último se incluyó entrenamiento tipo HIT dos

días a la semana (17). Esta diferencia entre HIIFT y entrenamiento cardiovascular no es clara respecto a su impacto en el porcentaje graso, ya que el estudio menciona que falta más investigación para corroborar que sustrato energético tiene más prevalencia durante y después del entrenamiento HIIFT, comparado con el entrenamiento cardiovascular.

Por otra parte, un estudio reportó que el entrenamiento concurrente (CO) el cual consiste en ejecutar ejercicios tradicionales de fuerza como sentadilla y pressbanca, combinado con entrenamiento cardiovascular en intensidades entre 45% y 70% de la velocidad aeróbica máxima, tuvo mayores efectos sobre el VO_{2max} y disminución del % graso comparado con el entrenamiento de resistencia cardiovascular (63). El estudio mencionó que los cambios más significativos sobre el % graso inducidos por el entrenamiento CO se le atribuyen a entrenamiento de la fuerza, ya que esto impacta de manera directa sobre la respuesta hormonal y la composición corporal. Así mismo se recomienda el entrenamiento CO a personas que solo necesiten subir un poco la masa muscular y su meta principal sea disminuir porcentaje graso. Según lo anterior, es importante exaltar que el trabajo combinado (fuerza y resistencia cardiovascular), también tienen efectos significativos sobre el VO_{2max} y el % graso. Además, HIIFT puede producir un alto gasto calórico en poco tiempo, lo que induce cambios significativos en la reducción de la masa grasa.

Es importante aclarar algunas diferencias entre entrenamiento CO y HIIFT. Una de ellas es que el objetivo principal del entrenamiento CO es aumentar la fuerza muscular y la resistencia cardiovascular, estas capacidades suelen trabajarse en una misma sesión de entrenamiento, primero la fuerza y después la resistencia cardiovascular o viceversa dependiendo del objetivo de cada persona (64,65). En cambio, HIIFT incluye ejercicios de

fuerza y resistencia cardiovascular sin un orden específico; Además, pretende trabajar y potenciar muchas más capacidades y habilidades las cuales se desarrollan durante cada sesión de entrenamiento. Otra diferencia es que HIFT implementa ejercicios de gimnasia y halterofilia, los cuales se pueden adaptar con aparatos convencionales. En cambio, el entrenamiento CO incluye ejercicios tradicionales donde algunas veces se requiere de equipos especializados. Por último, el entrenamiento HIFT se enfatiza en la alta intensidad, donde por cada ejercicio se involucra, en un solo momento, varias cadenas cinéticas musculares. Por el contrario, en el entrenamiento CO predominan los ejercicios monoarticulares y las sesiones de entrenamiento no siempre se enfatizan en la alta intensidad (66,67).

En consecuencia a las anteriores evidencias, se permite concluir que para lograr una disminución del % graso y un impacto en el VO_{2max} , es importante predominar ejercicio cardiovascular con picos de intensidad alta (HIIT), como también incluir ejercicios funcionales de resistencia muscular. Además, se recomienda la práctica de HIFT con el fin de prevenir la obesidad y enfermedad coronaria (68). Por ende, es primordial entender la importancia de realizar ejercicio físico con el fin de aumentar el consumo de oxígeno ya que este efecto puede mediar en la reducción del % graso. Por otra parte, la reducción del porcentaje graso al parecer puede impactar de manera positiva en el VO_{2max} , como lo mencionó un estudio el cual concluyó que existe una correlación negativa entre el % de grasa corporal y VO_{2max} . Además, este estudio concluye una correlación negativa entre el consumo de oxígeno y el porcentaje de grasa ubicado en los pliegues cutáneos, específicamente en el pliegue abdominal, iliocrestal y subescapular. (69).

Sin embargo, según los hallazgos obtenidos, falta más evidencia para establecer una relación más precisa entre HIFT, % grasa y VO_{2max} , como también para comparar los efectos de estos tipos de entrenamiento (HIFT y resistencia cardiovascular) sobre el porcentaje grasa y poder determinar cuál de ellos tiene más efecto sobre este parámetro.

En esta misma línea, la reducción de tejido adiposo está relacionada directamente con disminución del perímetro de cintura (PC), entendiendo que una reducción de este parámetro en un sujeto significa una adaptación crónica inducida por un déficit calórico producido por la ingesta controlada de alimentos y la práctica del ejercicio físico (HIFT), en el cual se utiliza gran cantidad de sustratos energéticos, entre estos los ácidos grasos para suplir la demanda energética. Es importante reconocer que el PC es un desenlace el cual no cambia fácilmente, por lo que pequeños cambios de esta variable significa un resultado clínico importante, especialmente en la prevención de ENT (70). Por ende, la presente revisión podría generar las hipótesis de que el aumento en el VO_{2max} podría verse impactado por el cambio o disminución del PC y el % grasa. Es importante recalcar que el VO_{2max} presenta una correlación negativa con el PC y % grasa cuando se interviene con HIFT, dando a entender que al parecer cualquier efecto sobre alguna de estas variables puede generar cambios sobre las demás. Por otra parte, se evidenció la disminución, de manera más significativa de esta variable en mujeres que realizaron HIFT por más de cuatro semanas, comparado con los hombres (11). Sin embargo, un estudio de intervención con ejercicio combinado (sobrecarga y HIIT) durante 12 semanas en 43 mujeres (sedentarias, prediabéticas, con sobrepeso u obesidad), reportó disminución no significativa en el perímetro de cintura (71).

Según la evidencia reportada en la presente revisión, se puede deducir que una intervención de más de cuatro semanas con ejercicios funcionales de alta intensidad al parecer puede ser un factor para disminuir el tejido adiposo abdominal, así no sea de manera significativa. Aparentemente esta reducción puede generar un impacto en el consumo de oxígeno, como también el aumento en el consumo de oxígeno puede mediar en la reducción del tejido graso. Es importante mencionar que la disminución en el PC puede ser significativo si las intervenciones con HIFT superan las 16 semanas y si se combina con un plan de alimentación que genere un déficit calórico. Es relevante resaltar la importancia de cualquier reducción en el PC ya que este efecto puede ser beneficioso para la salud. Según lo anterior, es importante comprender que los valores máximos normativos en mujeres respecto al perímetro de cintura es 88 cm y hombres 102 cm, según la OMS (72). Si este parámetro está por encima de estos valores, es un factor de riesgo para desarrollar ENT, entre estas, las enfermedades cardiovasculares, la cual es la causa número uno de muertes en el mundo (73). Por ende, es importante controlar los parámetros de composición corporal.

En referencia a la composición corporal, uno de los parámetros más importantes es la masa magra y esta fue medida en algunos estudios junto al VO_{2max} . En consecuencia, a lo anterior, se encontró que una intervención con HIFT puede aumentar la masa magra en 1,36 kg que corresponde a un porcentaje de cambio de 2,3% (11–13). Esto concuerda con un estudio donde los autores reportan aumento en la masa magra cuando se intervine con HIFT por más de cuatro semanas (74). Sin embargo, otro estudio que comparó el entrenamiento HIFT vs entrenamiento de resistencia aeróbica (AR-T) en adultos con exceso de peso y sedentarios, no reportó cambios significativos en la masa magra. Es importante mencionar que en el grupo

HIFT tuvo tendencia hacia la significancia estadística sobre la disminución de masa grasa ($p= 0,08$) (75).

Según lo encontrado, también se halló una relación entre aumentos significativos de masa magra y un efecto mediador que podría explicar el aumento de VO_{2max} . Según la afirmación anterior, es importante resaltar que la masa magra y el consumo de oxígeno pueden tener una correlación positiva, lo que permite establecer beneficios recíprocos entre estas variables inducidos por la práctica de HIFT de manera crónica. Lo anterior se debe al aumento de la capacidad de absorción y el transporte de nutrientes y oxígeno a causa del entrenamiento de alta intensidad. Dicha relación también se puede explicar por el incremento de la densidad capilar muscular producida por HIFT. Otra razón puede ser que una intervención con HIFT, al aumentar los valores de VO_{2max} como efecto crónico, incrementa la biodisponibilidad de oxígeno y nutrientes en los músculos esqueléticos, beneficiando así el proceso de supercompensación muscular, promoviendo la síntesis proteica y mejorando la calidad del musculo esquelético (37,40,76)

En esa misma línea, este efecto de HIFT sobre la masa magra también se reportó en un estudio con intervención en entrenamiento concurrente (CO), en el cual se reportaron cambios más significativos en cuanto a la hipertrofia muscular en el tren inferior comparados con el entrenamiento de resistencia cardiovascular. Este efecto de hipertrofia muscular parte del principio de supercompensación, producto de la continuidad del entrenamiento, lo cual provoca microrrupturas en el sarcómero lo que induce a un crecimiento en el diámetro transversal de musculo (63,77). Es importante mencionar que el estudio con entrenamiento CO también reportó mejores resultados sobre el VO_{2max} , comparado con el entrenamiento cardiovascular. Lo anterior se pudo haber producido por el aumento de capilarización de la

masa muscular inducido por ejercicios de fuerza que se dosifican en el entrenamiento CO. Además, se ha demostrado una correlación positiva entre aumento de masa muscular e incremento de VO_{2max} cuando se interviene con HIFT de manera crónica. Por otra parte, los ejercicios de fuerza incluidos en este tipo de entrenamiento incrementan la proporción de fibras tipo 2; este efecto repercute en mejoras fuerza máxima explosiva. Esto conduce a un incremento en el tiempo de esfuerzo y por consiguiente, un retraso para alcanzar la fatiga en ejercicios por encima del 70% del VO_{2max} , (63).

En este orden de ideas, al parecer los cambios inducidos por HIFT sobre la masa magra pueden inducir a incrementos sobre el VO_{2max} y este efecto también puede beneficiar la calidad de la masa muscular. Estos efectos significativos se reportan en varios estudios incluidos en la revisión, como también se reportan efectos en aquellos que los resultados no fueron significativos. Sin embargo, puede haber variables de confusión como la dieta y la actividad física realizada fuera de la intervención, las cuales son factores importantes para el crecimiento de masa muscular. Estas variables no se reportan en la mayoría de los estudios incluidos y pueden generar sesgo en los resultados. Por ende, los resultados pueden no ser concluyentes, sin embargo, al parecer se podría determinar que una intervención con HIFT, al producir cambios sobre la masa magra y el % graso, pueden mediar en el aumento de VO_{2max} , entendiendo que los efectos entre variables pueden ser recíprocos y tener impacto sobre la salud. Sin embargo, se recomienda más investigación sobre los efectos de HIFT sobre parámetros de composición corporal.

En esa misma línea, el aumento de masa muscular está relacionada directamente como efecto del entrenamiento de la fuerza, como lo menciona Andrés Rosa Guillamon en un

estudio sobre fisiología en el entrenamiento de la aptitud física muscular (77) . Por consiguiente, una intervención con HIFT, al aumentar la fuerza podría contribuir a aumentos en la masa magra. Lo anterior puede dar a entender una correlación positiva entre masa magra y fuerza muscular. En esa misma línea, estos efectos sobre la masa magra y la fuerza podrían mediar en aumentos significativos en el VO_{2max} . Según los resultados reportados por los estudios incluidos en la revisión, más del 60% de los estudios incluidos que miden VO_{2max} y fuerza muscular (fuerza funcional y fuerza explosiva), reportaron cambios significativos en estas dos variables, encontrando alguna relación en cuanto a efectos entre estos parámetros.

Tales efectos pueden ser beneficiosos para la salud, debido a la estrecha relación entre el aumento de la fuerza muscular y la funcionalidad. Además, los niveles de fuerza están relacionados con la prevalencia de marcadores de riesgo cardiovascular, como lo menciona Ramírez-Vélez Robinson y colaboradores, en un estudio transversal donde encontraron que las personas con mayores valores de fuerza prensil presentaron menor prevalencia de factores asociados a riesgo cardiovascular. Además, este estudio sugiere la práctica regular de ejercicio físico con el fin de prevenir las ENT (78). Sin embargo, la relación entre intervención con HIFT e incrementos en los tipos de fuerza y aumentos de VO_{2max} , no es totalmente evidente. Esto se debe a que el 40% de los estudios incluidos en la presente revisión que midieron estas dos variables, reportan disparidades en los resultados en cuanto a la significación estadística. Además, falta más evidencia para un análisis más profundo. También es importante mencionar que en todos los estudios se reportó aumento de este parámetro, por ende, los cambios fisiológicos que produce HIFT sobre aumentos de fuerza podrían impactar en el VO_{2max} .

Agregando a lo anterior, varios autores han reportado cambios importantes sobre la fuerza con intervención en HIFT. Entre estos están, Matthew F. Brisebois y colaboradores, los cuales reportaron cambios significativos en algunos parámetros de fuerza cuando se interviene con HIFT durante 8 semanas a sujetos adultos con sobrepeso y sedentarios (13). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado en Estados Unidos por Billy Sperlich y colaboradores con intervención “circuito combinado” durante 9 semanas, el cual reportó cambios significativos positivos en parámetros de fuerza funcional, calificando la intervención como muy positiva en este parámetro del fitness (30). Sin embargo, otros estudios con intervención en HIFT y CR no reportaron en todos los movimientos medidos, cambios significativos en términos de fuerza, como el elaborado por Katie M. Heinrich a sujetos entrenados de las fuerzas militares de Estados Unidos(8,18). Sin embargo, si se reportaron aumentos en el VO_{2max} . Es importante tener en cuenta que el estudio elaborado por Katie incluyó a sujetos entrenados, por ende, se parte del principio de ceiling effect que se mencionó anteriormente el cual hace referencia a que es más difícil mejorar cualquier parámetro de aptitud física cuando se es activo físicamente en comparación a población sedentaria.

Agregando a lo anterior, estos cambios en la fuerza muscular se pueden explicar cuando se interviene con HIFT por más de cuatro semanas, entendiendo algunos objetivos de este tipo de entrenamiento. Entre estos están: mejorar la resistencia muscular localizada y la fuerza (33). Además HIFT involucra, por cada ejercicio, varias cadenas cinéticas musculares en un solo momento, lo cual permite que el sistema nervioso cree adaptaciones como: aumento en el reclutamiento de unidades motoras, permitiendo mayor interacción de fibras musculares

tipo 2 (contracción rápida) por cada ejercicio y mayor coordinación intermuscular e intramuscular, haciendo más eficiente la respuesta de las unidades motoras a un estímulo externo e interno (77). Además, al ser intervenciones de más de cuatro semanas y al generar cambios en la masa muscular inducidos por los trabajos de fuerza, esta adaptación tiene efectos crónicos como: aumento en el tamaño y número de mitocondrias, aumento en el VO_{2max} lo cual incrementa la angiogénesis, por ende, mejora el transporte de nutrientes esenciales para la contracción muscular (13,17,79).

En esa misma línea, la práctica de HIFT puede hacer más eficiente el proceso de síntesis de fosfocreatina intracelular durante la sesión de entrenamiento. Este efecto, se genera ya que la práctica de ejercicio físico, mejora la coordinación intramuscular e intermuscular, por lo tanto se produce una economía a nivel energético, mejorando la eficiencia metabólica, lo cual incrementa la eficiencia en la capacidad funcional (80),(81),(82). Además, los entrenamientos que incluyen en su planificación ejercicios de fuerza aumentan la capacidad de contractibilidad muscular y su velocidad; este efecto hace que se mejore el pico de tensión (83). Por otra parte, el entrenamiento HIFT puede mejorar la cadena de señalización para la síntesis proteica (63). Los cambios anteriormente mencionados inciden de manera positiva en los procesos energéticos producidos en el miocito (célula muscular), mejorando la calidad del tejido muscular, la fuerza y la funcionalidad corporal.

De igual manera, el entrenamiento HIFT, al incluir ejercicios de fuerza en su dosificación, incluyendo fuerza explosiva (halterofilia), su práctica genera microrupturas en el sarcómero muscular, las cuales, con un descanso adecuado, resultan en un proceso de reparación, en donde el músculo se regenera con más tamaño (77). Es decir, la mejora en la hipertrofia

muscular se explica desde el principio del entrenamiento de supercompensación, que resulta en aumento de la fuerza y haciendo más eficiente el movimiento corporal que pueden beneficiar la funcionalidad y la calidad de vida de los practicantes de HIFT (84).

Según lo anterior, se podrían entender que los efectos del HIFT sobre la fuerza y la funcionalidad, también podrían generar un impacto en la calidad de vida. Sin embargo, no se encuentra una relación significativa entre CV y su impacto sobre el consumo de oxígeno, explicada desde la fisiología cuando se interviene con HIFT, aunque los estudios incluidos en la revisión reportan mejoras en estas dos variables con este tipo de intervención por más de cuatro semanas. Además, se necesita más evidencia para analizar esta relación. Sin embargo, es importante describir el beneficio que produce una intervención con HIFT sobre la salud, entendiendo este concepto como: un estado de bienestar físico, mental y social (85). En este orden de ideas, los parámetros de CV que mejoraron significativamente fueron: percepción de salud general, funcionamiento social, vitalidad y salud mental (10,30). Estos efectos se pueden explicar, ya que la práctica de HIFT puede mejorar la funcionalidad física de sus practicantes que impacta en los parámetros ya mencionados. Además, la evidencia ha demostrado que la actividad física y el ejercicio físico, en este caso HIFT, pueden aumentar la segregación de hormonas que mejoran el estado ánimo, previenen y pueden disminuir los episodios depresivos, como lo menciona Reigal, Videra y Herrera, los cuales reportan aumentos significativos en la concentración de neurotransmisores como: norepinefrina, serotonina y dopamina; estos efectos tienen relación directa con la mejora del estado de ánimo (86). Sin embargo, no se ha encontrado que al mejorar el consumo de oxígeno se

segregen mayor cantidad de estas hormonas, por lo cual no se puede establecer un efecto directo entre los cambios del VO_{2max} , sobre algunos parámetros de CV.

Agregando a lo anterior, otro efecto importante producido por una intervención con HIFT que impacta en la calidad de vida es la supra-estimulación de la glándula pituitaria lo cual induce a mayor segregación de endorfinas, teniendo efectos positivos sobre la sensación de bienestar (86). Por ende, se puede deducir que, al parecer, una intervención con HIFT puede controlar y disminuir la sintomatología de diversas enfermedades, como la depresión, siendo una estrategia coadyuvante para estas enfermedades (59), como lo menciona una revisión sistemática que incluyó 45 ECAS y resalto el ejercicio físico de intensidad moderada alta como una estrategia muy importante para controlar y disminuir la sintomatología de dichos trastornos (87). El estudio anterior concuerda con el tipo de intervención y los resultados reportados en la presente revisión.

Otros efectos positivos que tiene una intervención con HIFT son las mejoras en la motivación y la función emocional (1,30). Esto se relaciona con la alta tasa de adherencia que tiene este tipo de entrenamiento, como lo menciona una revisión sistemática y meta-análisis donde reporto un 75% de adherencia, la cual es mayor, comparado al entrenamiento tradicional (aeróbico y de resistencia) (88). Lo anterior concuerda con la presente revisión la cual reportó una adherencia promedio de 82,7%. Esto se debe a que intervenciones como CR genera una alta empatía entre los usuarios, promoviendo el compañerismo y la motivación entre ellos, al realizar la práctica física.

Ahora bien, es importante mencionar que estos efectos también se reportaron en personas sobrevivientes de cáncer con intervención con HIFT por cinco semanas, ya que un estudio

reportó un mejor funcionamiento emocional en esta población, es decir, sentir menos tensión, irritabilidad, depresión o preocupación (7).

Por otra parte, es importante resaltar que casi todos los estudios incluidos en la revisión reportan aumentos en la percepción de dolor después de la intervención en los participantes de HIFT. Lo anterior se pudo haber presentado por fatiga muscular, sobre entrenamiento o por mala dosificación y falta de instructores capacitados para dirigir los procesos de entrenamiento. Adicionalmente, se ha reportado una tasa de lesiones del 19% por la práctica de HIFT donde las más prevalentes son en hombros, rodillas y espalda. (74).

Agregando a lo anterior, es importante exaltar algunas de las posibles causas por las cuales se generaron estas lesiones cuando se entrena con HIFT. Después de aplicar la parrilla CERT se encontró que: 1) El 83,3% de los entrenamientos se dirigieron de manera grupal. Esto puede generar una dosificación inadecuada, ya que en algunos casos se omiten principios básicos del entrenamiento como: individualización, especificidad y progresión. 2) Casi la mitad de las intervenciones no fue dirigida por personal calificado para dosificar la práctica deportiva. 3) Varios movimientos de halterofilia, powerlifting y gimnasia, que son dosificados en algunos planes de entrenamiento, son muy técnicos y requieren gran destreza motora que, si no se tiene un periodo de irradiación, asimilación y dinamismo adecuado, aumenta la probabilidad de dolor y lesión, por mala ejecución; esto se ve reflejado en el alto reporte, en cuanto a percepción de dolor en los estudios incluidos.

Por otra parte, algunas variables analizadas en la presente revisión no tuvieron una relación evidente entre una intervención con HIFT por más de cuatro semanas y un efecto mediador en el aumento de VO_{2max} . Sin embargo, se reportan algunos hallazgos importantes

que pueden tener beneficios para la salud. Entre estas variables se encuentra la concentración de glucosa, la cual es un parámetro importante a tener en cuenta en el desarrollo o prevención de enfermedades como: diabetes, hiperglicemia o hipoglicemia (89).

En este orden de ideas, un estudio incluido en la revisión midió VO_{2max} y concentración de glucosa con intervención en CR durante 24 sesiones de ejercicio. Este no reportó cambios significativos en esta variable, sin embargo, si reportó aumentos significativos en el VO_{2max} (8). En ese mismo sentido, aunque los cambios en la concentración de glicemia dependen de varios procesos fisiológicos diferentes al ejercicio físico como la alimentación, el genotipo y demás, una intervención con HIFT de manera crónica puede ser un factor que favorezca la modulación de este parámetro.

Agregando a lo anterior, un estudio donde se intervino con HIFT por 8 semanas a mujeres adultas con sobrepeso y algunas de ellas con prediabetes, no reportó cambios significativos en la concentración de glucosa pero si un efecto modulador, ya que estos valores permanecieron en niveles normales y estables (75). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado a 15 adultos con diabetes los cuales fueron intervenidos con ejercicio físico con una intensidad que superaba el 70% de VO_{2max} . Este concluyó que el ejercicio físico puede ser un factor que puede regular la concentración de glicemia ya que también se aumenta la tasa metabólica basal, por ende, se mejoran los procesos de captación de glucosa a nivel celular. Respecto al VO_{2max} hubo aumentos significativos (90). Lo anterior puede dar a entender una adaptación a nivel energético que ayuda a una mayor eficiencia en la entrega de sustratos energéticos, lo cual puede regular la glicemia y mejorar el rendimiento durante el ejercicio. Por otra parte, una adaptación cardiovascular que hace más eficiente la respuesta

ventilatoria cuando se interviene con HIFT, resulta en la mejora del rendimiento físico durante la sesión de entrenamiento.

Del mismo modo, HIFT al incrementar el consumo de oxígeno activa en gran parte la actividad mitocondrial ya que es la encargada de la interconversión de los sustratos energéticos durante el esfuerzo físico (91,92). Por ende, se estimula la glucólisis. Tal efecto reduce la reserva glicémica y este efecto favorece la obtención de energía a través de la lipólisis (36,40,61,93,94). Además, la práctica de HIFT puede incrementar la sensibilidad a la insulina lo cual disminuye el riesgo de exceso de peso y de desarrollar diabetes (94). Lo anterior se puede explicar, ya que se ha demostrado que HIFT puede aumentar la concentración de GLUT-4, la cual es una proteína encargada del transporte de glucosa en células musculares y adipocitos, promoviendo la glucólisis y disminuyendo la resistencia a la insulina, contribuyendo de esta manera al uso eficiente de los sustratos energéticos (95). Lo anterior concuerda con un estudio, el cual menciona un incremento de 369% en la concentración de esta proteína transportadora después de una intervención con HIIT (96). Además, es importante mencionar que el aumento de VO_{2max} incrementa la producción de algunas hormonas y enzimas que activa la lipólisis y disminuyen la reserva glicémica repercutiendo en beneficios sobre la salud (75,97,98).

En este orden de ideas y según los resultados reportados en el estudio incluido en la revisión, no se encuentra una relación evidente cuando se interviene con HIFT por más de cuatro semanas entre disminución en la concentración de glucosa ($p > 0,05$) y aumentos significativos de VO_{2max} y tampoco se pudo establecer una relación entre la concentración de glucosa sobre el VO_{2max} . Sin embargo, la práctica de HIFT puede ser un factor que al

incrementar la concentración de GLUT-4, puede disminuir la resistencia a la insulina y, por ende, ser un determinante en el control de la glucosa, entendiendo que hay otros mecanismos como la dieta y el genotipo que impactan de manera directa en la regulación de la glicemia en sangre. Además, la evidencia ha demostrado que el ejercicio físico, en este caso una intervención con HIFT, puede tener impacto sobre procesos fisiológicos como: la biogénesis mitocondrial, aumento del músculo esquelético, incremento del VO_{2max} , producción enzimática, entre otros. Dichos efectos, pueden intermediar como modulador para controlar la concentración de glucosa en personas sanas y con alguna alteración en los índices glicémicos. También, es importante mencionar que falta más evidencia con el fin de encontrar relaciones y efectos mediadores entre estas dos variables con intervención con HIFT.

Por otro lado, otra variable medida en algunos estudios incluidos en la revisión fue la frecuencia cardíaca (FC) y se encontró que no es evidente un efecto mediador de este parámetro sobre el VO_{2max} cuando se interviene con HIFT por más de cuatro semanas. Es importante resaltar que la frecuencia cardíaca disminuyó de manera no significativa en algunos estudios incluidos (10,19,30). Lo anterior concuerda con un estudio realizado durante 10 semanas con intervención en ejercicio físico en atletas varones jóvenes, donde se reportó disminución no significativa en la FC (99). Según lo anterior, se puede interpretar que una intervención con HIFT de mayor duración podría aumentar la probabilidad de hallar una significancia estadística más contundente sobre la FC, comparada con los resultados de la presente revisión. Por ende, se recomienda que las investigaciones futuras tengan una duración mayor a 18 semanas. Por otra parte, la disminución de la frecuencia cardíaca

reportada en la presente revisión cuando se interviene con HIFT se pudo generar por algunas adaptaciones a nivel cardiaco (hipertrofia del cardiomiocito), que podría contribuir de alguna manera a mejoras del VO_{2max} e impactar en la salud.

La anterior afirmación se basa en adaptaciones cardiovasculares ocasionadas por la práctica de HIFT ya que este tipo de entrenamiento al combinar ejercicios de fuerza y de resistencia cardiovascular, estimula el aumento del tamaño de las cámaras cardiacas, tanto en volúmenes como en espesores parietales. También es importante mencionar que la disminución de la FC se puede generar por una adaptación regulatoria del sistema nervioso autónomo ya que se aumenta el tono vagal. Así mismo, se origina variación de sensibilidad de diferentes barorreceptores (100).

Por otra parte, el entrenamiento HIFT, al incluir ejercicios que estimulan la zona cardiovascular, puede mejorar la circulación coronaria por medio del aumento de capilares a través de la angiogénesis. Este efecto puede contribuir como mediador en la aptitud cardiorrespiratoria (100). En consecuencia a lo anterior, es importante comprender las zonas de adaptación cardiovascular al ejercicio. Estas zonas son las siguientes: personas no entrenadas, están en un rango entre el 50% al 60% de la FCmax teórica, para personas con algún tipo de adaptación y que quieran enfocarse en control de peso la zona cardiovascular esta entre el 60% al 70% de FCmax teórica y la zona para mejorar la capacidad aeróbica se encuentra entre el 70% al 80% de la FCmax (101). En esa misma línea, las adaptaciones anteriormente mencionadas, podría impactar en la disminución de la FC y de alguna manera mediar en aumentos en el VO_{2max} , sin embargo, este efecto podría ser significativo, a medio y largo plazo, después de empezar la práctica de HIFT.

Otra variable reportada en algunos estudios incluidos en la revisión fue la tensión arterial (TA), la cual presentó cambios significativos en la TAD. El anterior hallazgo concuerda con Timothy P y colaboradores, quienes reportaron que, durante el entrenamiento ligero de la fuerza que no se enfoque en trabajos de fuerza máxima, puede haber disminución de la TAD (102). Por otra parte, los efectos sobre la TAS no son significativos con una intervención con HIFT de manera crónica, aunque la literatura reporta que los mayores cambios generados por el ejercicio físico se generan en la TAS (103,104). Por otro lado, la relación entre TA como efecto mediador sobre aumento en el VO_{2max} con intervención con HIFT no es evidente. Sin embargo, algunos cambios reportados en algunos estudios incluidos en la revisión sobre la TA cuando se interviene con HIFT pueden tener implicaciones sobre la salud.

En ese mismo sentido, un estudio realizado por Ana María Taborda y colaboradores, después de realizar una intervención con entrenamiento funcional durante 8 semanas, no reportaron cambios significativos sobre la TA, aunque este parámetro si disminuyó de manera significativa en el grupo control (ejercicio aeróbico continuo) (105). Según lo anterior, se evidencia mejores efectos con intervención en entrenamiento continuo sobre la TA. En esa misma línea, el entrenamiento HIFT al parecer no tiene un efecto significativo sobre esta variable; aunque se necesita más investigación que analice a profundidad y establezca como variables principales FC y TA con intervención en HIFT.

Agregando a lo anterior, aunque no se encontró una disminución significativa de la TA si se reportó en los estudios incluidos, una reducción de este parámetro destacando la TAD. Por ende, es importante conocer algunos procesos fisiológicos que se producen con intervención en HIFT sobre la tensión arterial ya que este efecto puede beneficiar la salud. En ese orden de ideas, este efecto, se debe en gran medida a un mayor flujo sanguíneo producido por un

aumento de la TA aguda durante el ejercicio, lo cual permite aumentar el rozamiento del endotelio; a este proceso se le conoce como shear stress o efecto de rozamiento. En consecuencia a lo anterior, se estimula la producción de vasodilatadores como el óxido nítrico, mejorando la eficiencia cardíaca y disminuyendo los valores de TA en estado de reposo (54,106). Además, la evidencia ha demostrado que los ejercicios de fuerza, como los que incluye HIFT en su planificación, pueden disminuir la TA a mediano y largo plazo después de haber empezado la práctica de este tipo de entrenamiento (107). Por estas razones fisiológicas se incrementan las concentraciones de vasodilatadores como el óxido nítrico que estabiliza o disminuye la tensión arterial en reposo, esto como efecto crónico al ejercicio físico (108). Otro efecto que puede generar la práctica de HIFT puede ser la disminución en la concentración de catecolaminas y resistencias vasculares renales. Este efecto puede disminuir la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca en reposo (100). También es importante mencionar que el óxido nítrico tiene otras funciones importantes en el organismo como: inhibición de la agregación plaquetaria, contribución de antioxidantes, antiproliferativas y antiapoptóticas (109).

Según los hallazgos anteriormente mencionados, no se encontró que HIFT tenga un efecto significativo sobre la FC o que tenga un impacto modulador sobre el VO_{2max} . Sin embargo, esta disminución si puede impactar de manera positiva sobre la salud. También es importante mencionar que hay bastante disparidad en cuanto a los resultados cuando se interviene con HIFT por cuatro semanas o más sobre esta variable. Respecto a la TA, no se pudo establecer una relación evidente en este parámetro y su impacto sobre el VO_{2max} , aunque la TAD sí tuvo cambios significativos con intervención con HIFT que puede beneficiar la salud. También es

importante aclarar que estas afirmaciones no son concluyentes ya que la evidencia es muy poca. Además, hay otros componentes que pueden regular la TA y la FC como la dieta, hábitos de vida, entre otros. Además, se recomienda que para futuras investigaciones con práctica de HIFT y efectos sobre la TA, la intervención dure más de 20 semanas ya que como se mencionó anteriormente los ejercicios de fuerza pueden disminuir significativamente la TA a mediano y largo plazo; por ende, se podrían hallar efectos más contundentes comparados con los tiempos reportados por los artículos incluidos en la presente revisión. También se sugiere que, para conocer los efectos del HIFT sobre FC y TA, se realice una revisión sistemática, donde estos dos parámetros sean desenlaces principales, ya que es este no es el caso de la presente revisión.

Como conclusión, se recomienda que, para futuras investigaciones relacionadas con intervención en HIFT, es necesario tener en cuenta variables que pueden generar confusión en los resultados como por ejemplo la dieta y la actividad física realizada aparte de la intervención principal. También es importante aclarar en los estudios de intervención, específicamente en los ensayos clínicos, el tipo de aleatorización, el periodo de reclutamiento de la muestra, como también la metodología para generar la secuencia de aleatorización. También sería importante que los estudios discriminen por sexo con el fin de analizar cambios que puede producir HIFT sobre el VO_{2max} de manera diferenciada. Además, los estudios deben ser más rigurosos respecto a la calidad metodológica, con el fin de evitar sesgos en las investigaciones y confusiones en los lectores. Por otra parte, se rescata que la presente revisión utilizó la parrilla CERT, lo cual permitió evaluar la calidad metodológica de las intervenciones con ejercicio físico (HIFT, HIMT O CR) reportada en cada uno de los estudios incluidos.

Limitaciones y futuros direccionamientos:

La presente revisión no está exenta de diferentes limitaciones. Una de ellas es la poca evidencia del tema estudiado cumpliendo con los criterios de inclusión y exclusión de la presente revisión. Por lo tanto, se incluyeron dos tipos de diseño de estudio para su análisis: ECAs y estudios cuasi experimentales. Como consecuencia de la inclusión de estudios cuasiexperimentales, los cuales se caracterizan por no tener un grupo control, se pudo sobre estimar los efectos del HIFT sobre el VO_{2max} . Es importante recalcar que también se encontró un aumento de 4,1% (1,83 ml/min/kg) en el consumo de oxígeno de los sujetos de los grupos control de los ECAs incluidos en la presente revisión. Por ende, es de gran importancia realizar ensayos clínicos con grupo control, para conocer el efecto preciso del HIFT sobre esta variable. Por otra parte, las intervenciones con HIFT o sus derivados tienen diferentes métodos y dosificaciones de entrenamiento. Por ende, los resultados tenderían a ser heterogéneos, haciendo difícil analizar un método de entrenamiento específico y sus efectos sobre la variable principal. Por otro lado, varios estudios no pudieron ser incluidos en la presente revisión ya que no estaban disponibles en texto completo, lo cual no permitió su análisis. En consecuencia a lo anterior, sería importante para futuras investigaciones rescatar esta información con el fin de analizarla y si es necesario incluirla en revisiones posteriores. Es importante mencionar que la presente revisión es un primer acercamiento respecto al efecto de una intervención con HIFT sobre el VO_{2max} . Por lo tanto, se sugiere que para un futuro trabajo se desarrolle un metaanálisis en el cual se pueda calcular estadísticamente el tamaño del efecto que tiene una intervención con HIFT sobre el VO_{2max} , utilizando un modelo

de efectos aleatorios. Lo anterior permitirá, además de estimar el efecto ponderado, corregir los cambios del consumo máximo de oxígeno encontrados en el grupo control.

Ya para concluir, es importante recomendar mayor rigurosidad metodológica para futuros estudios relacionados con HIFT y la salud, ya que en los estudios incluidos en la presente revisión, después de haber sido evaluados mediante los instrumentos de calidad metodológica (CONSORT Y TREND), se encontró un reporte menor al 60% de los ítems totales de estas dos parrillas; por ende hay probabilidad de sesgo. Por otro lado, la parrilla CERT reportó que en la mayoría de los estudios no se tuvo en cuenta la dieta antes y durante la intervención. En consecuencia a los anteriores hallazgos, estas oportunidades de sesgo pueden incidir en la precisión de los resultados reportados en la presente revisión.

Conclusión

Se puede determinar que una intervención con HIFT con una duración promedio de 9,6 semanas y 36,6 días-sesión a sujetos adultos sanos, puede aumentar el VO_{2max} en un 2,82 ml/kg/min que corresponde a un 7,3%. Además, los cambios se generaron en mayor magnitud en hombres que en mujeres y en sujetos sedentarios, en comparación con los activos. Así mismo, los valores más altos de consumo de oxígeno se registraron en hombres. También se encontraron algunos cambios sobre algunas variables y relaciones importantes que pueden mediar en el efecto de una intervención con HIFT por más de cuatro semanas sobre el VO_{2max} e impactar en la salud. Las variables que evidenciaron cambios con intervención con HIFT de manera crónica y que puede generar relaciones evidentes que pueden impactar en el consumo de oxígeno y la salud fueron: aumentos de masa magra, disminución de masa grasa y disminución de perímetro de cintura. Otro cambio que al parecer puede mediar en el efecto de HIFT sobre el VO_{2max} y que puede tener efectos sobre la salud como mejorar la funcionalidad corporal y la calidad de vida son los aumentos en la fuerza funcional y explosiva.

Por otra parte, aunque el efecto de HIFT sobre la TAS no es significativo, si se encontró un cambio en la TAD; este hallazgo no es ampliamente reportado en la literatura, por lo tanto se recomienda más investigación sobre TA y su relación con el consumo de oxígeno y su posible impacto en la salud. Por otro lado, algunos cambios generados en algunas variables que al parecer no tienen efectos mediadores sobre el VO_{2max} cuando se interviene con HIFT, pero tienen efectos sobre la salud, son: FC, calidad de vida y control en la concentración de glucosa. Sin embargo, es importante mencionar que el objetivo de esta revisión no fue

profundizar en variables secundarias como las anteriormente mencionadas si no encontrar los efectos del HIFT sobre el VO_{2max} y sus implicaciones sobre la salud, entendiendo como variable principal el consumo de oxígeno. Por ende, se necesita de revisiones que analicen de manera específica los efectos de HIFT sobre cada una de estas variables secundarias, con el fin de encontrar posibles relaciones y resultados más precisos, dando a entender que la presente revisión solo es un primer acercamiento al análisis de variables mediadoras sobre el VO_{2max} .

Por otro lado, este tipo de intervención puede tener implicaciones adversas sobre la salud como aumento de dolor pos-entrenamiento y en algunas articulaciones que se pueden disminuir, si el personal que dirige este tipo de entrenamiento es capacitado de manera adecuada. Por ende, es indispensable que los entrenadores que dirigen HIFT sean expertos en esta práctica y además tengan conocimientos avanzados en: anatomía, fisiología y prescripción del ejercicio, con el fin de dosificar cargas de manera adecuada, teniendo en cuenta las necesidades, capacidades, habilidades y objetivos de cada sujeto, con el propósito de evitar lesiones musculares y articulares.

Bibliografía

1. Haddock CK, Poston WSC, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N. The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Mil Med* [Internet]. noviembre de 2016 [citado 25 de julio de 2020];181(11):e1508-14. Disponible en: <https://academic.oup.com/milmed/article/181/11-12/e1508-e1514/4158549>
2. Reyes Herrera CD, Gómez Puerto DR. “CrossFit Kids como estrategia metodológica para innovar en la clase de educación física del Colegio Tabora Sede A del curso 501 y 503” [Internet]. [BOGOTÁ]: Libre de colombia; 2019. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17638/tesis%20final%20crossfit.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Cayetano GS, Macón EI. ESTUDIO DEL NUEVO FENÓMENO DEPORTIVO CROSSFIT [Internet]. [España]: universidad de leon; 2014. Disponible en: https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/4185/8_SALVATIERRA_CAYETANO_GO RKA_DICIEMBRE_2014.pdf?sequence=1
4. Dawson MC. CrossFit: Fitness cult or reinventive institution? *Int Rev Sociol Sport* [Internet]. mayo de 2017 [citado 13 de octubre de 2019];52(3):361-79. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1012690215591793>
5. Ramírez-Vélez R, Triana-Reina HR, Carrillo HA, Ramos-Sepúlveda JA. Percepción de barreras para la práctica de la actividad física y obesidad abdominal en universitarios de Colombia. *Nutr Hosp* [Internet]. 29 de noviembre de 2016 [citado 13 de octubre de 2019];33(6). Disponible en: <http://revista.nutricionhospitalaria.net/index.php/nh/article/view/777>
6. Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis: Exercise for improving body composition. *Obes Rev* [Internet]. junio de 2017 [citado 13 de octubre de 2019];18(6):635-46. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/obr.12532>
7. Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, Gilmore K, Hauser J, Frye J, et al. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. *Eur J Cancer Care (Engl)* [Internet]. noviembre de 2015 [citado 22 de noviembre de 2019];24(6):812-7. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/ecc.12338>
8. Patel P. The influence of a crossfit exercise intervention on glucose control in overweight and obese adults [Internet] [tesis maestría]. [Manhattan, Kansas]: Kansas State University; 2008. Disponible en: <http://www.cemdde.com.ar/imagenes/crossfit%20y%20obesidad%20PratikPatel2012.pdf>
9. Glassman G. ¿Qué es fitness? [Internet]. *Crossfit the journal*. 2002 [citado 13 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://journal.crossfit.com/article/what-is-fitness>

10. Sperlich B, Hahn L-S, Edel A, Behr T, Helmprobst J, Leppich R, et al. A 4-Week Intervention Involving Mobile-Based Daily 6-Minute Micro-Sessions of Functional High-Intensity Circuit Training Improves Strength and Quality of Life, but Not Cardio-Respiratory Fitness of Young Untrained Adults. *Front Physiol* [Internet]. 9 de mayo de 2018 [citado 14 de octubre de 2019];9:423. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00423/full>
11. Murawska-Cialowicz E, Wojna J, Zuwała-Jagiello J. Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. *J Physiol Pharmacol* [Internet]. 2015;66(6):811-21. Disponible en: http://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/12_15/pdf/811_12_15_article.pdf
12. Smith M, Sommer A, Starkoff B, Devor S. CrossFit-based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and Body Composition: Retraction. *J Strength Cond Res* [Internet]. julio de 2017 [citado 27 de octubre de 2019];31(7):e76. Disponible en: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201707000-00037>
13. Brisebois M, Rigby B, Nichols D. Physiological and Fitness Adaptations after Eight Weeks of High-Intensity Functional Training in Physically Inactive Adults. *Sports* [Internet]. 13 de noviembre de 2018 [citado 27 de octubre de 2019];6(4):146. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2075-4663/6/4/146>
14. Medina JA, Salillas LG, Marqueta PM, Virón PC. Importancia del vo2 máx. y de la capacidad de recuperación en los deportes de prestación mixta. caso práctico: fútbol-sala. *Arch Med Deporte* [Internet]. 2001;8(86):577-83. Disponible en: https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Original_Importancia_VO2_FS_577-583.pdf
15. Clausen JSR, Marott JL, Holtermann A, Gyntelberg F, Jensen MT. Midlife Cardiorespiratory Fitness and the Long-Term Risk of Mortality. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. agosto de 2018 [citado 14 de octubre de 2019];72(9):987-95. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109718353786>
16. Crawford D, Drake N, Carper M, DeBlauw J, Heinrich K. Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures? *Sports* [Internet]. 27 de marzo de 2018 [citado 21 de noviembre de 2019];6(2):26. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2075-4663/6/2/26>
17. Carnes AJ, Mahoney SE. Polarized Versus High-Intensity Multimodal Training in Recreational Runners. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 1 de enero de 2019 [citado 20 de noviembre de 2019];14(1):105-12. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/14/1/article-p105.xml>
18. Heinrich KM, Spencer V, Fehl N, Carlos Poston WS. Mission Essential Fitness: Comparison of Functional Circuit Training to Traditional Army Physical Training for Active Duty Military. *Mil Med* [Internet]. octubre de 2012 [citado 21 de noviembre de 2019];177(10):1125-30. Disponible en: <https://academic.oup.com/milmed/article/177/10/1125-1130/4345422>

19. Goins J, Richardson MT, Wingo J, Hodges G, Leaver-Dunn D, Leeper J. Physiological And Performance Effects Of Crossfit: 1040 Board #4 May 28, 3. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. mayo de 2014 [citado 23 de octubre de 2019];46:270. Disponible en: <http://https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-201405001-00835>
20. Benito PJ, Cupeiro R, Ramos-Campo DJ, Alcaraz PE, Rubio-Arias JÁ. A Systematic Review with Meta-Analysis of the Effect of Resistance Training on Whole-Body Muscle Growth in Healthy Adult Males. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 17 de febrero de 2020 [citado 27 de noviembre de 2020];17(4):2-27. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/4/1285>
21. Hutton B, Catalá-López F, Moher D. La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Med Clínica* [Internet]. septiembre de 2016 [citado 2 de noviembre de 2019];147(6):262-6. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025775316001512>
22. Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gotzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* [Internet]. 23 de marzo de 2010 [citado 12 de noviembre de 2019];340(mar23 1):c869-c869. Disponible en: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.c869>
23. Cobos-Carbó A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. *Med Clínica* [Internet]. julio de 2011 [citado 12 de noviembre de 2019];137(5):213-5. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025775310009899>
24. Slade SC, Dionne CE, Underwood M, Buchbinder R, Beck B, Bennell K, et al. Consensus on Exercise Reporting Template (CERT): Modified Delphi Study. *Phys Ther* [Internet]. 1 de octubre de 2016 [citado 10 de febrero de 2020];96(10):1514-24. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/96/10/1514/2870241>
25. Des Jarlais DC, Lyles C, Crepaz N. Improving the Reporting Quality of Nonrandomized Evaluations of Behavioral and Public Health Interventions: The TREND Statement. *Am J Public Health* [Internet]. marzo de 2004 [citado 19 de marzo de 2020];94(3):361-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1448256/>
26. Organización Mundial de la Salud. OMS | 10 datos sobre la obesidad [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2020 [citado 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/#:~:targetText=El%20C3%ADndice%20de%20masa%20corporal,igual%20o%20superior%20a%2030.>
27. Herdy AH, Caixeta A. Brazilian Cardiorespiratory Fitness Classification Based on Maximum Oxygen Consumption. *Arq Bras Cardiol* [Internet]. 2016 [citado 5 de octubre de 2020]; Disponible en: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/abc.20160070>
28. Buckley S, Knapp K, Lackie A, Lewry C, Horvey K, Benko C, et al. Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. noviembre de 2015 [citado 21 de noviembre de 2019];40(11):1157-62. Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2015-0238>

29. Angela Notarnicola^{1 2}, Giuseppe Salatino², Paolo Napoletano², Antonio Monno². Does TRX training induce similar effects to crossfit? *Muscles Ligaments Tendons J* [Internet]. 2018;8(4):520-5. Disponible en: <http://www.mltj.online/wp-content/uploads/2019/02/Does-TRX-training-induce-similar-effects-to-crossfit.pdf>
30. Sperlich B, Wallmann-Sperlich B, Zinner C, Von Stauffenberg V, Losert H, Holmberg H-C. Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women. *Front Physiol* [Internet]. 3 de abril de 2017 [citado 21 de noviembre de 2019];8. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2017.00172/full>
31. García Rubira JC. 3.Fisiología cardíaca. En: Libro de la salud cardiovascular del hospital clinico San Carlos y la fundacion BBVA [Internet]. España: fundacion BBVA; 2009. Disponible en: https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap3.pdf
32. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gac Sanit* [Internet]. abril de 2005 [citado 27 de noviembre de 2019];19(2):135-50. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0213911105713418>
33. Feito Y, Heinrich K, Butcher S, Poston W. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports* [Internet]. 7 de agosto de 2018 [citado 26 de junio de 2020];6(3):76. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2075-4663/6/3/76>
34. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *J Nutr Metab* [Internet]. 2010 [citado 23 de octubre de 2019];2010:1-13. Disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/jnme/2010/905612/>
35. Subiela D. JV. Fisiología Aspectos Fundamentales del Umbral Anaeróbico. *Acad Biomed Digit* [Internet]. marzo de 2007;30:10. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2469754>
36. Swanwick E, Matthews M. Energy Systems: A New Look at Aerobic Metabolism in Stressful Exercise. *MOJ Sports Med* [Internet]. 19 de enero de 2018 [citado 14 de abril de 2020];2(1). Disponible en: <http://medcraveonline.com/MOJSM/MOJSM-02-00039.php>
37. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. enero de 2000;32(1):70-84. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10647532/>
38. Kim C-H, Wheatley CM, Behnia M, Johnson BD. The Effect of Aging on Relationships between Lean Body Mass and VO₂max in Rowers. *PLoS ONE* [Internet]. 1 de agosto de 2016 [citado 6 de octubre de 2020];11(8). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4968829/>
39. Roberts MA, O'Dea J, Boyce A, Mannix ET. Fitness Levels of Firefighter Recruits Before and After a Supervised Exercise Training Program. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2002;16(2):271-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11991781/>

40. J.Lopez Chicharro, A.Fernandez Vaquero. Fisiología del ejercicio. En: Fisiología del ejercicio [Internet]. Madrid: PANAMERICANA; 2006. Disponible en: <https://fisiologiayanatomia.files.wordpress.com/2018/04/fisiologc3ada-del-ejercicio.pdf>
41. Bueno Monroy BM. Efecto de un programa de Entrenamiento Funcional sobre el balance postural en jugadores de la selección de Ultimate Frisbee de la Universidad Nacional de Colombia [Internet] [Tesis]. [BOGOTA]: Universidad Nacional; 2018. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/69966/1/1098711311.2018.pdf>
42. Scribbans TD, Vecsey S, Hankinson PB, Foster WS, Brendon JG. The Effect of Training Intensity on VO₂ max in Young Healthy Adults: A Meta-Regression and Meta-Analysis. *Int J Exerc Sci* [Internet]. 4 de enero de 2016 [citado 10 de septiembre de 2020];9(2):230-47. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27182424/>
43. Moré García R. Título: Biogénesis mitocondrial en diferentes tipos de ejercicio [Internet] [Tesis]. [España]: universidad de leon; 2017. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/9086/Ram%C2%A2n%20MorC%CC%A7%20Garc%C2%B0a.%20Trabajo%20F%C2%B0n%20de%20Master%202018..pdf?sequence=1>
44. Antico Arciuch VG, Elguero ME, Poderoso JJ, Carreras MC. Mitochondrial Regulation of Cell Cycle and Proliferation. *Antioxid Redox Signal* [Internet]. 15 de mayo de 2012 [citado 5 de octubre de 2020];16(10):1150-80. Disponible en: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ars.2011.4085>
45. Miranda N, Tovar AR, Palacios B, Torres N. La AMPK como un sensor de energía celular y su función en el organismo. *Rev Investig Clínica* [Internet]. 2007;59(6):12. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revinvcli/nn-2007/nn076h.pdf>
46. Echeverry I, Ramírez-Vélez R, Ortega JG, Mosquera M, Mateus JC. Efecto potencial del ejercicio físico y del consumo de micronutrientes durante la gestación en factores maternos y placentarios asociados con enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) del adulto. *Colomb Médica*. 2009;40:13.
47. Lundby C, Jacobs RA. Adaptations of skeletal muscle mitochondria to exercise training. *Exp Physiol* [Internet]. 2016 [citado 24 de octubre de 2019];101(1):17-22. Disponible en: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1113/EP085319>
48. Lee MC, Lee SK, Jung SY, Moon HH. New insight of high-intensity interval training on physiological adaptation with brain functions. *J Exerc Nutr Biochem* [Internet]. 30 de septiembre de 2018 [citado 6 de septiembre de 2020];22(3):1-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6199482/>
49. Véliz CV, Cid FM, Páez MJ, González CM. Efectos de un entrenamiento interválico de alta intensidad (hiit) sobre el vo₂máx y la recuperación intermitente en jóvenes nadadores. *Rev Digit Educ Fis* [Internet]. 2016;(39):10. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5370985>
50. Gureev AP, Shaforostova EA, Popov VN. Regulation of Mitochondrial Biogenesis as a Way for Active Longevity: Interaction Between the Nrf2 and PGC-1 α Signaling Pathways. *Front*

- Genet [Internet]. 14 de mayo de 2019 [citado 6 de octubre de 2020];10. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6527603/>
51. Patrick F C. Mitochondrial Diseases: A Review. Mitochondrial Dis [Internet]. 2019;10. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1224/pdf/Bookshelf_NBK1224.pdf
 52. Cazal M de M, Marins JCB, Natali AJ, Soto DFV, Sillero-Quintana M. Efecto del ejercicio físico en la tasa metabólica en reposo: aplicación el control de la obesidad. Dialnet [Internet]. 2019;7. Disponible en: <https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs/index.php/ramd/article/view/82/924>
 53. Laskibar Asua DrA. ¿Puede el ejercicio físico favorecer el desarrollo de circulación colateral en la enfermedad coronaria estable? [Internet]. Sociedad Española de Cardiología. 2016 [citado 22 de julio de 2020]. Disponible en: <https://secardiologia.es/blog/7603-puede-el-ejercicio-fisico-favorecer-el-desarrollo-de-circulacion-colateral-en-pacientes-con-enfermedad-coronaria-estable-estudio-excite>
 54. Rodríguez-Núñez I, Romero F, Saavedra MJ. Estrés hemodinámico inducido por ejercicio: bases fisiológicas e impacto clínico. Arch Cardiol México [Internet]. julio de 2016 [citado 22 de julio de 2020];86(3):244-54. Disponible en: [http://www.archivoscardiologia.com/previos/\(2016\)%20ACM%20Vol%2086.%203%20JULIO-SEPTIEMBRE/ACMX_2016_86_3_244-254.pdf](http://www.archivoscardiologia.com/previos/(2016)%20ACM%20Vol%2086.%203%20JULIO-SEPTIEMBRE/ACMX_2016_86_3_244-254.pdf)
 55. Vargas Z M, Lancheros P L, Barrera P M del P. Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. Fac Med [Internet]. 2011;59:16. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v59s1/v59s1a06.pdf>
 56. Departamento ciencias fisiologicas guias de laboratorio. Departamento de ciencias fisiologicas guias de laboratorio [Internet]. 2002. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/Facultades/Medicina/fisiologia/nguias/other/vo2do2all.pdf>
 57. Mohn L. Physiological Adaptations: Oxygen Consumption [Internet]. The National Association of Speed and Explosion (NASE) Inc. 2014 [citado 21 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.naseinc.com/blog/physiological-adaptations-oxygen-consumption/>
 58. Poblete Aro CE, Russell Guzmán JA, Soto Muñoz ME, Villegas González BE. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on the reduction of oxidative stress in type 2 diabetic adult patients: CAT. Medwave [Internet]. 14 de agosto de 2015 [citado 5 de octubre de 2020];15(07):e6212-e6212. Disponible en: <http://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Revisiones/CAT/6212>
 59. Organización Mundial de la Salud. Actividad física [Internet]. 2018 [citado 17 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
 60. Norman MacMillan K. Ejercicio y quema de grasa: ¿comer o no comer antes de entrenar? Rev Chil Nutr [Internet]. marzo de 2009;36(1):72-4. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v36n1/art08.pdf>

61. Rodríguez JAF, Ramos HS, Santamaría OM, Bermúdez SR. Relación entre consumo de oxígeno, porcentaje de grasa e índice de masa corporal en universitarios. *Hacia Promoc Salud* [Internet]. 2018;23(2):79-89. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v23n2/0121-7577-hpsal-23-02-00079.pdf>
62. Viñuela García M. Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes. *Nutr Hosp* [Internet]. 30 de junio de 2016 [citado 17 de abril de 2020];33(3). Disponible en: <http://revista.nutricionhospitalaria.net/index.php/nh/article/view/272>
63. Peña García-Orea G, Heredia Elvar JR, Aguilera Campillos J, Da Silva Grigoletto ME, Del Rosso S. Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia: una Revisión Narrativa - Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud [Internet]. *International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers*. 2016 [citado 26 de agosto de 2020]. Disponible en: GARCÍA-OREA, G., ELVAR, J., CAMPILLOS, J., GRIGOLETTO, M., & DEL ROSSO, S. 2016. Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia: Una Revisión Narrativa. *Int J Phys Exerc Heal Sci Trainers*, 1.
64. Wilson J, Marín P, Rhea M, Wilson S, Loenneke J, Andersen J. Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc* [Internet]. 13 de octubre de 2011;26:2293-307. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/51719597_Concurrent_training_A_meta-analysis_examining_interference_of_aerobic_and_resistance_exercises
65. Methenitis S. A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. *Sports* [Internet]. 24 de octubre de 2018;6:1-17. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328509104_A_Brief_Review_on_Concurrent_Training_From_Laboratory_to_the_Field
66. García-Manso JM, Arriaza-Ardiles E, Valverde T, Moya-Vergara F, Mardones-Tare C. Effects of concurrent strength and endurance training on middle distance races. *cultura_ciencia_deporte* [Internet]. 1 de noviembre de 2017 [citado 3 de octubre de 2020];12(36):221-7. Disponible en: <http://ccd.ucam.edu/index.php/revista/article/view/947/401>
67. Sanz AV. Efectos del entrenamiento concurrente, polarizado y tradicional, sobre la condición física saludable [Internet] [Tesis doctoral]. [español]: universidad da coruña; 2014. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/61910825.pdf>
68. Swift DL, Lavie CJ, Johannsen NM, Arena R, Earnest CP, O'Keefe JH, et al. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and exercise training in primary and secondary coronary prevention. *Circ J Off J Jpn Circ Soc* [Internet]. 2013;77(2):281-92. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/circj/77/2/77_CJ-13-0007/_pdf/-char/en
69. Torres Navarro V, Campos Granell J, Aranda Malavés R. Influencia de la masa grasa para el VO2max y Umbrales Ventilatorios en jóvenes deportistas de especialidades deportivas de resistencia. *Sport Sci J Sch Sport Phys Educ Psychomot* [Internet]. 27 de septiembre de 2016 [citado 17 de septiembre de 2020];3(1):530. Disponible en: <http://revistas.udc.es/index.php/SPORTIS/article/view/sportis.2017.3.1.1534>

70. Moreno González MI. Circunferencia de cintura: una medición importante y útil del riesgo cardiometabólico. *Rev Chil Cardiol* [Internet]. 2010 [citado 27 de agosto de 2020];29(1). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-85602010000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=en
71. Álvarez C, Ramírez R, Flores M, Zúñiga C, Celis-Morales CA. Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. *Rev Médica Chile* [Internet]. octubre de 2012 [citado 17 de septiembre de 2020];140(10):1289-96. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872012001000008&lng=en&nrm=iso&tlng=en
72. appleTREE. La medida del perímetro abdominal es un indicador de enfermedad cardiovascular más fiable que el IMC [Internet]. Fundación Española del Corazón. 2020 [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/prensa/notas-de-prensa/2264-medida-perimetro-abdominal-es-indicador-enfermedad-cardiovascular-mas-fiable-imc-.html>
73. Organización Mundial de la Salud. OMS | ¿Cuál es la enfermedad que causa más muertes en el mundo? [Internet]. WHO. 2012 [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/features/qa/18/es/>
74. Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health Saf* [Internet]. 1 de diciembre de 2017 [citado 29 de junio de 2020];65(12):612-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2165079916685568>
75. Feito Y, Patel P, Sal Redondo A, Heinrich K. Effects of Eight Weeks of High Intensity Functional Training on Glucose Control and Body Composition among Overweight and Obese Adults. *Sports* [Internet]. 22 de febrero de 2019 [citado 24 de octubre de 2019];7(2):51. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2075-4663/7/2/51>
76. Torres navarro V. Influencia de la masa muscular en el VO2max en atletismo, triatlón y natación [Internet]. universidad da coruña; 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324482524_Influencia_de_la_masa_muscular_en_el_VO2max_en_atletismo_triathlon_y_natacion
77. Andrés Rosa Guillamón. Fisiología en el entrenamiento de la aptitud física muscular. *Lect Educ Física Deport Rev Digit B Aires* [Internet]. julio de 2015;(206):8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322212536_Fisiologia_en_el_entrenamiento_de_la_aptitud_fisica_muscular_Physiology_in_training_muscular_fitness/link/5a4c0af0aca2729b7c894f52/download
78. Ramírez Vélez R, Pinilla Díaz JC. Asociación de la fuerza prensil y factores de riesgo cardiovascular en estudiantes sedentarios de una institución universitaria. *InstnameUniversidad St Tomás* [Internet]. 2016 [citado 6 de octubre de 2020]; Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4260>
79. Holloway TM, Snijders T, VAN Kranenburg J, VAN Loon LJC, Verdijk LB. Temporal Response of Angiogenesis and Hypertrophy to Resistance Training in Young Men. *Med Sci*

- Sports Exerc [Internet]. enero de 2018;50(1):36-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28846563/>
80. Guillamón AR. Metabolismo energético y actividad física. Lect Educ Física Deport [Internet]. 2015 [citado 6 de octubre de 2020];(206):9. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5289107>
 81. Russomanno P. “LA TECNICA DE ARRANQUE COMO MEDIO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SALTO” [Internet]. [Mar del Plata]: Universidad FASTA Facultad de Ciencias de la Educación; 2015. Disponible en: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/931/pablo%20russomanno%20TFG.pdf?sequence=1>
 82. Clark JF. Creatine and Phosphocreatine: A Review of Their Use in Exercise and Sport. J Athl Train [Internet]. 1997;32(1):45-51. Disponible en: <http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC1319235&blobtype=pdf>
 83. Hughes D, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to Endurance and Strength Training. Cold Spring Harb Perspect Med [Internet]. 10 de mayo de 2017;8:1-18. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316870562_Adaptations_to_Endurance_and_Strength_Training
 84. Carrasco Bellido D, Carrasco Bellido D, Carrasco Bellido D. TEORÍA Y PRÁCTICA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO [Internet]. ESPAÑA; Disponible en: https://www.academia.edu/27087756/TEOR%C3%8DA_Y_PR%C3%81CTICA_DEL_ENTRENAMIENTO_DEPORTIVO
 85. Organización Mundial de la Salud. Preguntas más frecuentes [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2020 [citado 28 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/about/who-we-are/frequently-asked-questions>
 86. Bonet J, Parrado E, Capdevila L. Efectos agudos del ejercicio físico sobre el estado de ánimo y la HRV / Acute Effects of Exercise on Mood and HRV. Rev Int Med Cienc Act Física Deporte [Internet]. 2017 [citado 24 de abril de 2020];65(2017). Disponible en: <https://revistas.uam.es/rimcafd/article/view/7360>
 87. Delgado Salazar CF, Mateus Aguliera ET, Rincón Bolívar LA, Villamil Parra WA. Efectos del ejercicio físico sobre la depresión y la ansiedad. Rev Colomb Rehabil [Internet]. 15 de julio de 2019 [citado 6 de julio de 2020];18(2):128-45. Disponible en: <https://revistas.ecr.edu.co/index.php/RCR/article/view/389>
 88. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, Souza H de S, Miranda RC, Mezêncio B, et al. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. Sports Med - Open [Internet]. diciembre de 2018 [citado 23 de abril de 2020];4(1):11. Disponible en: <https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-018-0124-5>
 89. Nares-Torices MÁ, González-Martínez A, Martínez-Ayuso FA, Morales-Fernández O. Hipoglucemia: el tiempo es cerebro. ¿Qué estamos haciendo mal? Med Interna México

- [Internet]. 2018;34(6):15. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-48662018000600008
90. Yohanna María Montenegro Mejía, Johanna Fernanda Rodríguez Maya, Angélica María Rodríguez Velasco. EFECTOS DEL EJERCICIO FISICO EN PERSONAS CON DIABETES MELLITUS TIPO II. *Umbral Científico*, núm 7, diciembre, 2005, pp 53-60 [Internet]. 7 de diciembre de 2005;9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400707>
 91. Cipriani-Thorne E, Quintanilla A. Diabetes mellitus tipo 2 y resistencia a la insulina. *Rev Medica Hered* [Internet]. 26 de abril de 2011 [citado 19 de agosto de 2020];21(3). Disponible en: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RMH/article/view/1126>
 92. Tonkonogi M, Walsh B, Svensson M, Sahlin K. Mitochondrial function and antioxidative defence in human muscle: effects of endurance training and oxidative stress. *J Physiol* [Internet]. 15 de octubre de 2000 [citado 19 de agosto de 2020];528(Pt 2):379-88. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2270128/>
 93. Amdanee N, Di W, Liu J, Yu J, Sheng Y, Lv S, et al. Age-associated changes of resting energy expenditure, body composition and fat distribution in Chinese Han males. *Physiol Rep* [Internet]. 8 de diciembre de 2018 [citado 27 de octubre de 2019];6(23). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6286433/>
 94. Jolleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis: The effects of HIIT on metabolic health. *Obes Rev* [Internet]. noviembre de 2015 [citado 23 de octubre de 2019];16(11):942-61. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/obr.12317>
 95. Sandoval-Muñiz R de J, Vargas-Guerrero B, Flores-Alvarado LJ. Glucotransportadores (GLUT): Aspectos clínicos, moleculares y genéticos. *Gac Médica México* [Internet]. 2016;152:547-57. Disponible en:
https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/n4/GMM_152_2016_4_547-557.pdf
 96. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* [Internet]. diciembre de 2011 [citado 1 de julio de 2020];111(6):1554-60. Disponible en:
<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
 97. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia* [Internet]. enero de 2017 [citado 24 de octubre de 2019];60(1):7-23. Disponible en:
<http://link.springer.com/10.1007/s00125-016-4106-1>
 98. Aro CP. Regulación hormonal de la lipólisis en el ejercicio aeróbico de intensidad media. *RED Rev Entren Deport J Sports Train* [Internet]. 2015 [citado 5 de octubre de 2020];29(4):21-31. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6301157>

99. Mitranun W. Supramaximal vs functional high-intensity interval training effects on macrovascular reactivity in young male athletes. *Songklanakarín J Sci Technol* [Internet]. 1 de mayo de 2018;40:710-7. Disponible en: <https://rdo.psu.ac.th/sjstweb/journal/40-3/28.pdf>
100. Cordero A, Masiá MD, Galve E. Ejercicio físico y salud. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. septiembre de 2014 [citado 24 de octubre de 2019];67(9):748-53. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300893214002656>
101. Abellán Alemán J, Sainz de Baranda Andújar P, Ortín Ortín EJ, asociación de la sociedad española de hipertensión. Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular [Internet]. Madrid: SEH-LELHA; 2014. Disponible en: <https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO25050/seh-guia-01.pdf>
102. Sheehan TP, McConnell TR, Andreacci J. Impact of resistance exercise on cardiovascular dynamics. *J Exerc Physiol Online* [Internet]. 1 de enero de 2018;21:122-32. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323257588_Impact_of_resistance_exercise_on_cardiovascular_dynamics
103. Alvarez CV, Claros JAV. Efecto de un programa de entrenamiento físico sobre condición física saludable en hipertensos. *Rev Bras Geriatr E Gerontol* [Internet]. abril de 2016 [citado 3 de octubre de 2020];19(2):277-88. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-98232016000200277&lng=es&tlng=es
104. Álvarez C, Olivo J, Robinson O, Quintero J, Carrasco V, Ramírez-Campillo R, et al. Efectos de una sesión de ejercicio aeróbico en la presión arterial de niños, adolescentes y adultos sanos. *Rev Médica Chile* [Internet]. noviembre de 2013 [citado 3 de octubre de 2020];141(11):1363-70. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872013001100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en
105. Ríos AMT, Osorio JDG. EFECTO DEL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL SOBRE LOS NIVELES DE PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA: UN ENSAYO CLÍNICO CON ASIGNACIÓN AL AZAR [Internet] [tesis]. [Medellín]: SAN BUENAVENTURA; 2014. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3978/1/Efecto_Entrenamiento_Funcional_Taborda_2014.pdf
106. Dantas TSP, Aídar FJ, de Souza F, Gama D de M, Ferreira RP, Barros N de A. Evaluation of a CrossFit® Session on Post- Exercise Blood Pressure. *J Exerc Physiol* [Internet]. 2018;21(1):44-51. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322917373_Evaluation_of_a_CrossFitR_Session_on_Post-Exercise_Blood_Pressure/link/5a75d899aca2722e4def1b49/download
107. López C, Escobar P. Entrenamiento de la fuerza [Internet]. Fundación Española del Corazón. 2018 [citado 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/ejercicio/calculo-y-monitorizacion/3162-entrenamiento-de-la-fuerza.html>

108. Badimón L, Martínez-González J. Disfunción endotelial. Rev Esp Cardiol Supl [Internet]. enero de 2006 [citado 29 de septiembre de 2020];6(1):21A-30A. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1131358706748178>
109. Ghisi GL de M, Durieux A, Pinho R, Benetti M. Exercício físico e disfunção endotelial. Arq Bras Cardiol [Internet]. octubre de 2010 [citado 24 de octubre de 2019];95(5):e130-7. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010001500025&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt

Anexos

Tabla 1 características de los estudios incluidos en la revisión

Autor, año	Promedio edad	Estatus peso	Estatus A.F.	Duración intervención	Numero de sesiones
Billy Sperlich1*, 2018	25,5				
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	30
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	30
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	30
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	60
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	60
	25,5	NORMOPESO	SEDENTARIOS	4 SEMANAS	60
Matthew F. Brisebois 2018	30	SOBREPESO	SEDENTARIOS	8 SEMANAS	24
	26	SOBREPESO	SEDENTARIOS	8 SEMANAS	24
	28	SOBREPESO	SEDENTARIOS	8 SEMANAS	24
MICHAEL M. SMITH, 2013					
	33,9	SOBREPESO	ACTIVOS	10 SEMANAS	50
	31,2	SOBREPESO	ACTIVOS	10 SEMANAS	50
E. MURAWSKA-CIALOWICZ1,2015					
	26,78	SOBREPESO	SEDENTARIOS	12 SEMANAS	24
	24	NORMOPESO	SEDENTARIOS	12 SEMANAS	24
Andrew J. 2001					
		NORMOPESO	ACTIVOS	12 SEMANAS	60
		NORMOPESO	ACTIVOS	12 SEMANAS	60
	42,6				
PRATIK PATEL 2008					
		SOBREPESO	SEDENTARIOS	8 SEMANAS	24
		SOBREPESO	SEDENTARIOS	8 SEMANAS	24
	28,15				
Derek A. Crawford 1,*, 2018					
	22,6	SOBREPESO	SEDENTARIOS	9 SEMANAS	36
	21	SOBREPESO	SEDENTARIOS	9 SEMANAS	36
JUSTIN MICHAEL GOINS 2014					
	23,5	SOBREPESO	ACTIVOS	6 SEMANAS	30
	21,6	NORMOPESO	ACTIVOS	6 SEMANAS	30
					30
Katie M. Heinrich, PhD*, 2012					
		SOBREPESO	ACTIVOS	8 SEMANAS	15
	27,88				
	27,29				
Stephanie Buckley,2015					
	24,3	NORMOPESO	ACTIVOS	6 SEMANAS	18
	25,1	NORMOPESO	ACTIVOS	6 SEMANAS	18
Angela Notarnicola1,2					
		NORMOPESO	ACTIVOS		
		NORMOPESO	ACTIVOS		
				24 SEMANAS	48
				24 SEMANAS	48
				24 SEMANAS	72
				24 SEMANAS	72
	30,3				
	23,5				
21 Billy Sperlich1*, 2017					
	23	SOBREPESO	SEDENTARIAS	9 SEMANAS	27
	23	SOBREPESO	SEDENTARIAS	9 SEMANAS	27

Tabla 2 resultados intervenciones respecto al consumo de oxígeno

Autor, año	Diseño de estudio	Sexo	Tamaño total de la muestra	Tamaño de la muestra POR SEXO	Intervención control	Numero de exposiciones	Numero de controles	Promedio edad	VO2max (ml/min/kg) pre control	VO2max (ml/min/kg) DEZ CONTROL	VO2max (ml/min/kg) pre esposos	VO2max (ml/min/kg) DEZ EXPOSUOS	VO2max (ml/min/kg) control	VO2max (ml/min/kg) esposos	VO2max (ml/min/kg) DEZ EXPOSUOS	P VALUE	Cambio VO2max (ml/min/kg) entre grupos	Δ	Tamaño del efecto	Correlacion	Promedio cambio VO2max (ml/min/kg) comparando los dos grupos	
Billy Spedick*, 2008	ENSAYO CLINICO ALTERNATIVO	MASCULINO	24	5	5	5	5	25.5	45.7	1.1	45.7	1.1										
		FEMENINO		7	7	7	7	25.5	38.5	5.1	38.5	5.1										
		COMBINADO		12	12	12	12	25.5	40.9	5.5		41.2	6.9			0.28	0.3					0.75
		MASCULINO		5	5	5	5	25.5	40.4	5.1	40.4	5.1										
		FEMENINO		7	7	7	7	25.5	39.8	8.5	39.8	8.5										
Matthew F. Brubaker, 2018	Casi experimental	COMBINADO	12	12	12	12	25.5		40.1	7					41.3	6.3	0.9	1.2				0.75
		MASCULINO	10	N/A	10	N/A	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A								
		FEMENINO	4	N/A	4	N/A	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A								
		COMBINADO	14	N/A	14	N/A	28	N/A	N/A	32.51	8.84	N/A	34.31	8.63	0.003	1.8	65%	meros 0.21				
MICHAEL M. SMITH, 2013	Casi experimental		43																			
		MASCULINO	23	N/A	23	N/A	33.9	N/A	43.10	1.40	N/A	48.96	1.42	0.00	5.86	ΔVO2max (ml/kg2/min)0.83						
		FEMENINO	20	N/A	20	N/A	31.2	N/A	35.98	1.60	N/A	40.22	1.62	0.00	4.24	ΔVO2max (ml/kg2/min)0.94						
		COMBINADO	12																			r = -0.48
E. MIRANSHA-CALONCIZI, 2015	Casi experimental	MASCULINO	7	N/A	7	N/A	26.78	N/A	37.99	5.52	N/A	37.87	5.15	>0.05								
		FEMENINO	5	N/A	5	N/A	24	N/A	38.71	5.67	N/A	44.91	6.24	0.02								

Tabla 3 resultados intervenciones respecto al consumo de oxigeno

Autor, año	Diseño de estudio	Sexo	Tamaño total de la muestra	Tamaño de la muestra POR SEXO	Intervención control	Numero de exposiciones	Numero de controles	Promedio (ml/min/kg) edad control	VO2max (ml/min/kg) pre control	VO2max (ml/min/kg) pre expuestos	VO2max (ml/min/kg) (DE) PRE EXPUESTOS	VO2max (ml/min/kg) control	VO2max (ml/min/kg) (DE) POS CONTROL	VO2max (ml/min/kg) (DE) POS EXPUESTOS	P VALUE	Cambio VO2max (ml/min/kg) entre grupos	Δ	Tamaño del efecto	Correlación	Promedio cambio VO2max (ml/min/kg) comparando los dos grupos	
Andrew, 2001	ENSAHO CLINICO		21																		
		MASCULINO		8	7	8															
		FEMENINO		13	1	5	1											control: 4,3			
		COMBINADO						42,6	45,9	7,1	46,5	6,9	50,2	6,9	48,3	7,8	para 7,8 años grupos	intervención: 1,8		3,05	
Pratik Patel 2008	ENSAHO CLINICO		18																		
		MASCULINO		6	2	4	2														
		FEMENINO		12	7	5	7														
		COMBINADO	18	9	9	9	28,15	32,6	7,5	36,1	9,2	35,1	7,8	39,4	8,9	control: P=0,08 control: 2,5	25 (3,7)			2,9	
Derek A. Crawford 1, 2018	CUASEPERIMENTAL		25																		
		MASCULINO		13	N/A	13	N/A	22,6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		FEMENINO		12	N/A	12	N/A	21	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		COMBINADO	25		25			44,2	2,7	45,8	3	45,8	1,6 mg por 3,3%	3	1,6 mg por 3,3%					2,9	
JUSTIN MICHAEL GONS2014	CUASEPERIMENTAL		12																		
		MASCULINO		4	N/A	4	N/A	23,5	N/A	N/A	44	4,7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		FEMENINO		8	N/A	8	N/A	21,6	N/A	N/A	37,2	7,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		COMBINADO	12		12			39,5	7,3	39,5	44	39,5	44	0,00145 mg por 1,8%							

Tabla 4 resultados intervenciones respecto al consumo de oxígeno

Autor, año	Diseño de estudio	Sexo	Tamaño de la muestra total	Tamaño de la muestra a POR SEXO	Intervención control	Numero de expos	Numero de controles	Promedio edad	VO2max (ml/min/kg) pre control	VO2max (ml/min/kg) PRE CONTROL	VO2max (ml/min/kg) pre expuestos	VO2max (ml/min/kg) PRE EXPUESTOS	VO2max (ml/min/kg) pos control	VO2max (ml/min/kg) CONTROL	VO2max (ml/min/kg) (DE) POS EXPUESTOS	VO2max (ml/min/kg) (DE) POS EXPUESTOS	P VALUE	Cambio VO2max (ml/min/kg) entre grupos	Tamaño del efecto Δ	Correlación	Promedio cambio VO2max (ml/min/kg) comparando los dos					
Katie M. Heinrich, PhD*, 2012	ENSAYO CLINICO		56																							
		MASCULINO		33	34	33		40.7	4.5	40.6	6.6	1.24	2.4	2.39	5.39								2.39			
		FEMENINO																						2.39		
		COMBINADO																								
		CONTROL EDAD					27.98																			
Stephanie Buckley, 2015	ENSAYO CLINICO		28																							
		FEMENINO		14	14	14		36.7	38.3	36.2	5.7	38.3	4.6	38.5	5.4									1.8		
		CONTROL EDAD					24.3																		1.8	
		INTERVENCION EDAD					25.1																		1.8	
		INTERVENCION																								
Angela Notarnicola, 2018	ENSAYO CLINICO		32																							
		FEMENINO		16	16	16																				
		MASCULINO																								
		CONTROL MUJER																								
		CONTROL HOMBRE																								
		INTERVENCION MUJER																								
		INTERVENCION HOMBRE																								
		EDAD CONTROL					30.3																			
		EDAD EXPUESTOS					23.5																			
		COMBINADO						39.5	5.5	41.4	6.6	41.7	5	44.3	6										2.55	
		INTERVENCION																								2.55
		ENSAYO CLINICO			19																					
		FEMENINO			19																					
CircuitHIIT			11	8	11	8	23				2.63	297		2.9	298	0.001		2.7		5.8±4.9		1.29				
Circuitcombined			8				23	348				2.67	398			0.098	0.11					1.29				

Tabla 5 resultados ponderados de las intervenciones respecto al consumo de oxígeno

ESTUDIO	CONTROL							EXPOSICION						
	PRE ml/kg/mi	DE	POST ml/kg/mi	DE	VALOR P	% CAMBI	ABSOLUTO ml/kg/min	PREml/kg/min	DE	POST ml/kg/mi	DE	VALOR P	% CAMBIO	ABSOLUTO ml/kg/min
A 4-Week Intervention Involving Mobile	40,9	5,5	41,2	6,5	P>0,05	0,73	0,3	40,5	6,25	41,25	6,9	P>0,05	1,85	0,75
Physiological and Fitness	cuasiexperimental							32,51	8,84	34,31	8,63	0,003	5,54	1,8
INTENSITY POWER TRAINING IMPROVES MAXIMAL AEROBIC FITNESS AND BODY	cuasiexperimental							39,54	1,5	44,59	1,52	0	12,8	5,05
CHANGES BRAIN-DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR AND IRISIN LEVELS AT REST	cuasiexperimental							38,71	5,67	44,91	6,24	0,02	16	6,19
Polarized vs. high intensity multimodal training in recreational runners	45,9	7,1	50,2	6,9	<0,05	8,45	4,28	46,5	6,9	48,3	7,8	<0,05	3,81	1,77
THE INFLUENCE OF A CROSSFIT EXERCISE INTERVENTION ON GLUCOSE CONTROL IN OVERWEIGHT AND OBESE ADULTS	32,67	7,5	35,1	7,8	0,08	7,67	2,5	36,1	9,2	39,4	8,9	0,02	9,14	3,3
Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures	cuasiexperimental							44,2	2,7	45,8	3	0,07	3,62	1,6
PHYSIOLOGICAL AND PERFORMANCE EFFECTS OF CROSSFIT	cuasiexperimental							39,5	2,1	44	2	0,001	11,4	4,5
Mission Essential Fitness: Comparison of Functional Circuit Training to Traditional	40,7	4,5	41,9		>0,05	3,1	1,24	40,6	6,6	42,9	5,93	>0,05	5,89	2,39
Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females	36,7	4,7	38,3	4,6	<0,05	4,36	1,6	36,2	5,7	38,5	5,4	<0,05	6,35	2,3
Does TRX training induce similar effects to crossfit? Study on the variation of body fat mass, endurance and explosive force	39,9	5,5	41,7	5	<0,05	4,5	1,8	41,4	6,6	44,3	6	<0,05	7,00	2,9
Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women	26	2	27,1	2,9	<0,05	4,23	1,1	30,8	3,5	32,1	3,9	0,031	4,22	1,3
TOTAL PROMEDIOS	34,9	5,1	37,4	5,6	3=NC	4,10	1,83	38,9	5,44	41,70	5,45	3=NC	7,30	2,82
porcentaje y cambios absolutos de controles ensayos clinicos		2,5			4=SC	7,26	2,5	2,82		7,24		9=SC	7,24	2,82
total promedios cuasiexperimentales								38,89	3,79	42,722	3,788		9,86233	3,828
porcentaje y cambios absolutos de promedios totales cuasi experimentales HIFT													9,85	3,83
total promedios ensayos clinicos								38,87	6,39	41,0	6,40		5,47	2,10
porcentaje y cambios absolutos de promedios totales ensayos clinicos HIFT													5,38	2,09

Tabla 6 características de las intervenciones

autor y año	tiempo de intervencion	tipo de intervencion	ejercicios	intensidad	implementos
Katie M. Heinrich, PhD*, 2012	8 semanas de entrenamiento aproximadamente 2 días por semana, 45 minutos por sesión	HIFT	A. Levantamientos olímpicos, B.Sentadillas, C.press de banca D. dominadas E. Trabajo pliometrico, F. Movimientos de la parte inferior del cuerpo, G.caminar con pesas estocadas, H.curl de bíceps con banda,	Se desarrolló estilo circuito durante 60 a 90 segundos de ejecución por cada ejercicio, con poco descanso o nada en cada estación	
Stephanie Buckley, 2015	6 semanas de entrenamiento 3 días por semana	MM-HIIT (HIFT)	A.Back squats B.ring rows C.Box jumps D.Fat bar bench press E.walking lunges F.ball slams for the remainder G.Trap bar deadlift H.push press I.bent over rows J.burpees K.Front squat L.push-ups M.Lateral hurdle hops N.ring rows Ñ.Clean grip O.Back squat P.Front squat Q.bent over rows R.Trap bar deadlift	60 segundos de trabajo con intensidad máxima, seguido de un descanso de 3 minutos por cada intervalo (MM-HIIT HIFT) Las repeticiones oscilan entre 4 y 12, 4 a 6 rondas por circuito	
Angela Notarnicola 2018	24 semanas de entrenamiento 3 días por semana	CR	N/R	N/R	
Billy Sperlich 2017	9 semanas de entrenamiento 3 días por semana	HIFT	A.burpees B.skipping C.pull-ups D.legged squats E.leg levers F.push-ups G.Shuttle run H.lunges I.rows J.jogging K.lunges/sprints L.isometric squat M.isometric sumo squat N.pushups Ñ.rows O.isometric pull-up/push-up P.iron mikes Q.	La intensidad fue 65% de la frecuencia cardíaca máxima, entre 3 y 10 rondas por circuito cada ejercicio se ejecutaba entre 30 y 60 segundos, para ejercicios de resistencia aeróbica entre 5 minutos y 10 minutos	A.anillas B.cajas C.barras D. balón medicinal E.discos F. mancuernas G. lazo, H.colchoneta I. pesas rusas
Billy Sperlich 2018	4 semanas todos los días de entrenamiento	HIFT	A:Push-ups B.Leg-levers C.Burpees D.45 -one-legged squats E.30-s Skipping	Se midió la intensidad por los siguientes ligero (1,5–3 MET), moderado (3–6 MET) y vigoroso físico actividad (> 6 MET) y se monitoreo con FC	
JUSTIN MICHAEL GOINS 2014	5 días por semana durante 6 semanas	CR	CARDIO: A.Run B.Bike C.Row GIMNASTICOS: A. Air Squat B.Pull-up C.Push-up D.Dip E.Handstand Push-up F.Rope Climb G.Muscle-up H.Press to Handstand I.Back Extension J.Sit-up K.Jumps L.Lunges M.Burpees LEVANTAMIENTO DE PESAS: A.Deadlifts B.Cleans C.Presses D.Snatch E.Clean and Jerk F.Medicine Ball Drills G.Kettlebell Swing H.Squats I.Thrusters	consistio en periodo de calentamiento y vuelta a la calma, la intensidad se dividió en tres: Long, Slow Distance, High Skill, Heavy, Two moderately to intensely challenging modalities, Three lightly to moderately challenging modalities	
Derek A. Crawford 2018	4 días por semana durante 9 semanas aproximadamente 60 minutos por sesión	HIFT	A.Two mile Run B.Push Press C.Pull-Ups D.Goblet Squats E.Burpees F.400 meter Run G.Box Jumps H.Deadlift I.Kipping Pull-Up J.Thrusters K.Double Unders L.Handstand Push-Ups M.500 meter Row N.Ring Rows Ñ.Wall Balls O.Front Squat P.Cleans Q.Ball Slams R.Dumbbell Clean and Jerk S.Kettlebell Swings T.Muscle Up U.Squats V.	Hubo periodo de calentamiento y enfriamiento, los entrenamientos aplicados, fueron rounds for time, AMRAP, los porcentajes de esfuerzo fueron entre 75% a 85% de 1RM, las repeticiones oscilan entre 1 y 50.	

Tabla 7 características de las intervenciones

autor y año	tiempo de intervencion	tipo de intervencion	ejercicios	intensidad	implementos
Matthew F. Brisebois 2018	3 días por semana durante 8 semanas	HIFT	A.Squat B. Pushup C. Burpee D. Pull-ups E. Toes to Bar F. Shoulder Press/Push Press/Push Jerk G. Deadlif H. Foam Rolling I. Back Extensions J. sprint K. box jump L. dips M. thruster N. floor press Ñ. kettlebell swings O. clean P. snatch Q. Rowing R. Double Unders S. Wall Ball T. Handstands/ Handstand Pushups U. Push Press V. Back Squats W. Front Squats X. Double Unders Y. s Kipping Z. Dumbbell Snatches. Alguno ejercicios tienen variaciones	La intensidad oscila entre el 60% Y el 85% de 1RM , en algunas sesiones se realizaba 1 RM de algunos ejercicios, series entre 3 y 5 por 6 y 10 repeticiones, algunos tipos de enteramiento utilizados fueron AMRAP, EMOTM, tabata, AHAP = tan duro como sea posible, Cap = límite de tiempo.	
MICHAEL M. SMITH, ALLAN J.	5 días por semana durante 10 semanas	CR	A. bodyweight squat B. flight stairs C. Double Unders D. Burpee E. Pull-ups F. Front squat G. Clean y jeark H. swing I. Ring dip J. Deadlift K. wide-grip L. deadlift M. hige pull N. squat press Ñ. Bench press O. split jumps P. box jumps Q. overhead presses R. toes to bar S. Pull-ups T. Push-ups U. Sit-ups V. Air squat	Oscila entre el 65% y 85% de 1RM, las repeticiones oscilan entre 3 y 100 repeticiones dependiendo el ejercicio, las series entre 3 y 5, algunos tipos de entrenamiento utilizados fueron: AMRAP, rounds for time, se manejan se clasifican tres categorías NOVATO, INTERMEDIO Y AVANZADO	
E. MURAWSKA-CIALOWICZ1, 2015	2 días a la semana por 60 minutos cada sesión, durante 12 semanas	CR	A. movimientos de múltiples articulaciones B. saltos C. flexiones de rodillas, D. movimientos de brazos E. entadillas frontales, F. movimientos de pesas rusas, G. clean H. estocadas I. correr alrededor del gimnasio, J. saltos de cuerda, K. saltos de caja, L. burpees, M. sentadillas N. ejercicios aeróbicos, Ñ. remo	Primera parte calentamiento, parte central: oscilaba en el rango de 85 a 95% de Fcmáx, fue calculado de acuerdo con la fórmula de 220-edad el entrenamiento se dividida en dos partes el primer work of day (WOD) se enfocaba en fuerza y velocidad y la segunda parte se enfocaba en ejercicios aeróbicos	A. anillas B. cajas C. barras D. balón medicinal E. discos
Andrew J. 2001	5 días por semana durante 12 semanas de 60 a 70 minutos por sesión	HIMT	A. Single leg kettlebell deadlifts Overhead walking lunge B. Burpees C. Push press D. box jumps E. jumping pullups F. kettlebell swings G. walking lunge H. Vups, push press I. back extensions J. wall ball shots K. double unders L. sumo deadlift M. row	La intensidad dosificada fue submáxima y máxima con periodo de calentamiento y vuelta al calma, recuperación entre intervalos de entrenamiento, la intensidad se fue incrementado de manera progresiva, los periodos de descanso disminuyeron gradualmente en 1 minuto, lo mismo sucedió con los desplazamiento, aumentando la velocidad progresivamente, las cargas fueron individualizadas y adaptadas por sexo, se utilizaron tipos de entrenamiento como "Filthy Fifty" , "Cindy" y "Fight Gone Bad"	F. mancuernas G. lazo, H. colchoneta I. pesas rusas
PRATIK PATEL 2008	3 días por semana durante 8 semanas, máximo 60 minutos por sesión.	CR	A. MedBall Cleans B. Burpees C. Handstand Pushups D. Pullups E. Squats Cleans F. Kettlebell Swings G. Box Jumps H. Ball Slams I. Kettlebell Sumo Deadlift High Pull J. Handstand Pushup K. Burpee Deadlift L. Push Press M. Jump Rope N. arm Dumbbell Overhead Squat Ñ. 400m Run O. Kettlebell Swings P. Situps Q. Muscle Up Transitions R. Mountain Climbers S. Overhead Squats T. Front Squats U. Back Squats V. Mountain Climbers W. Handstand Pushups X. Slapping Pushups Y. KB Thrusters Alternating Z. Floor Wipers AA. Dips AB. Ball Slams AC. Mat Broad Jumps AD. Box Squat AE. Shoot-throughs Divebomber Pushups AF. Mod L-sit Raises AG. Sotts Press AH. E. Hang Squat	Estiramiento y calentamiento de 10 a 15 min, ejecución de técnica de 10 a 20 min y 5 a 30 min para realización del WOD con intensidad vigorosa, los tipos de entrenamiento utilizados fueron 3 Rounds For Time, 3 Min As Many Rounds As Possible, 10 Min As Many Rounds As Possible, 10 Min As Many Rounds As Possible, 3 Rounds Max Reps, 20 Min As Many Rounds As Possible, minimo 10 repeticiones máximo 6 rondas.	

Tabla 8 adherencia de la población a las intervenciones

Título del estudio	% de adherencia	Observaciones
Physiological and Fitness Adaptations after Eight Weeks of High-Intensity Functional Training in Physically Inactive Adults	70	
A 4-Week Intervention Involving Mobile-Based Daily 6-Minute Micro-Sessions of Functional High-Intensity Circuit Training Improves Strength and Quality of Life, but Not Cardio-Respiratory Fitness of Young Untrained Adults	85	
Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition	79,6	
Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women	80	
The influence of a crossfit exercise intervention on glucose control in overweight and obese adults	75	
Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures?	87,9	
Mission Essential Fitness: Comparison of Functional Circuit Training to Traditional Army Physical Training for Active Duty Military	100	No reporta pérdidas
Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females	87,5	
Polarized vs. High Intensity Multimodal Training in Recreational Runners	100	No reporta pérdidas
Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women.	62,5	
Total promedio adherencia	82,75	
2 estudios no reportan cuantos participantes fueron reclutados solo muestran n=? de los participantes que terminaron la intervención		