



**METABOLISMO DE LAS GRASAS EN EL EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA
INTENSIDAD Y EN EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO TRADICIONAL: REVISIÓN
DE TEMA**

Modalidad: Monografía

Yuliet Andrea Torres Silva
CC 1.098.805.034

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Socioeconómicas y Empresariales
Profesional en Actividad Física y Deporte
Bucaramanga, Diciembre 15 de 2020



**METABOLISMO DE LAS GRASAS EN EL EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA
INTENSIDAD Y EN EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO TRADICIONAL: REVISIÓN
DE TEMA**

Modalidad: Monografía

Yuliet Andrea Torres Silva
CC 1.098.805.034

**Trabajo de Grado para optar al título de
Profesional en Actividad Física y Deporte**

DIRECTOR

Ft, Mg Ingrid Johanna Díaz Marín

Grupo de Investigación Ciencia e Innovación Deportiva – GICED

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Ciencias Socioeconómicas y Empresariales
Profesional en Actividad Física y Deporte
Bucaramanga, Diciembre 15 de 2020

Nota de Aceptación

APROBADO



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A mi familia, pues gracias a ella he llegado hasta donde estoy, brindándome su apoyo incondicional en cada paso de este proceso de crecimiento personal y académico, el cual será un peldaño más en búsqueda de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me ayudaron en este proceso y me motivaron a continuar y perseverar, principalmente a la Docente Alejandra Camacho, por su apoyo y siempre estar atenta a mis solicitudes, a la Docente Ingrid Johanna Díaz Marín, quien no solo ha sido mi directora de proyecto, sino una gran maestra que sabe abrir la mente y tocar el corazón de sus educandos y finalmente a mi querida madre, por su amor incondicional, su insistencia, paciencia y quien día tras día me impulsa a seguir.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|--|
| RESUMEN EJECUTIVO | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN | 122 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 122 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 144 |
| 1.3. OBJETIVOS | 155 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 155 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 155 |
| 2. MARCO REFERENCIAL..... | 177 |
| 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.25 |
| 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO | 27 |
| 5. RESULTADOS | 41 |
| 6. CONCLUSIONES | 46 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 47 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 48 |

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo 26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Recorrido cronológico de la parte legal Revisiones **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2. Revisiones / metaanálisis incluidas (IN) y excluidas(EX)..... 27

Tabla 3. Investigaciones/estudios incluidas (IN) y excluidas(EX)..... 28

Tabla 4. Resumen de investigaciones / estudios seleccionados..... 30

Tabla 5. Resumen de revisiones / metaanálisis seleccionados..... 39

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de la presente revisión es analizar el entrenamiento aeróbico tradicional y el entrenamiento intermitente de alta intensidad desde el punto de vista de los sustratos energéticos utilizados, principalmente el uso de la grasa intracelular y extracelular, teniendo en cuenta la evidencia científica de los últimos años, para ello se seleccionaron artículos de investigación, estudios experimentales y cuasi experimentales, revisiones y metaanálisis. Existe evidencia que indica que el entrenamiento de resistencia utiliza la grasa como sustrato fundamental para la producción de energía, pero requiere más tiempo de ejecución, en esta revisión muchas investigaciones destacan al entrenamiento intermitente, como el ideal para la oxidación de las grasas, dado su efecto EPOC (exceso de consumo de oxígeno post ejercicio), en contraposición, otros estudios encontraron que dicho efecto era transitorio, por lo cual el porcentaje de reducción de masa grasa total no era el esperado, es claro que tanto el HIIT con el entrenamiento continuo, proporcionan beneficios similares en lo relacionado con la oxidación de las grasas y por lo tanto la reducción de porcentaje de grasa corporal total, el entrenamiento de intervalos aventaja por el manejo del tiempo, dado que son periodos más cortos, lo cual lo hace más llamativo, pero puede generar lesiones osteoarticulares en personas no entrenadas si lo practican a las intensidades sub máximas que lo identifican, es por ello que en la actualidad se observan muchas variables de este tipo de entrenamiento, con modificaciones en sus intensidades, esto nos permite concluir que no existe una evidencia contundente que indique cuál de ellos es mejor.

PALABRAS CLAVE. Lípidos; Entrenamiento aeróbico; entrenamiento intermitente de alta intensidad, resistencia.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha evidenciado que la obesidad se ha convertido en un problema de epidemia global que afecta a niños, niñas, jóvenes y adultos y está asociada a múltiples enfermedades que incluyen la hipertensión, problemas cardiovasculares, insuficiencia cardiaca, entre otras (Milani y Ventura, 2009), en Colombia según la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (Ensin) realizada por el Ministerio de Salud en el año 2015, uno de cada cinco Colombianos la padece, de acá radica la importancia de promover la actividad física como una herramienta primordial para mejorar la salud (Revueltas et al, 2017) y extender la esperanza de vida de la población (Milani y Ventura, 2009) (Valenzuela et al, 2007).

Al consultar a la población, las razones por las cuales no realiza actividad físico deportiva, las principales respuestas obtenidas son: no les gusta, tienen problemas de salud y falta de tiempo (Valenzuela et al, 2007), pero esto no es excusa para reconocer el efecto positivo de la actividad física en la prevención y mejora de la salud. Desde la antigüedad se le ha reconocido su importancia y para el año 1553 se enfatizó con el primer libro dedicado al ejercicio físico (López Chicharro y López Mojares, 2008), esto hizo que el entrenamiento continuo fuera más popular; para el año 1890 se propusieron entrenamientos de alta intensidad (Oreña, 2018) el cual requería menos tiempo. En los últimos años se ha hecho más popular el entrenamiento HIIT, el cual se caracteriza por ser muy intenso, de menor duración y está compuesto por etapas de alta intensidad y periodos de recuperación (Jarillo, 2016) (Buchheit y Laursen, 2013) con un VO_{2max} de 60-90% para personas adultas (Revueltas et al, 2017) y de 70-170% VO_{2max} en personas entrenadas (Tabata et al, 2014); a diferencia del entrenamiento continuo, el cual utiliza grandes grupos musculares, se mantiene de manera constante por espacio más prolongado y de

naturaleza aeróbica, la intensidad esta entre un 46-63% de VO₂máx(Revueltas et al, 2017).

Teniendo en cuenta que estos tipos de entrenamiento difieren tanto en la intensidad como en la duración y esto genera adaptaciones metabólicas en el organismo, e incluso el HIIT pueden generar afectaciones osteoarticulares (Tibana et al, 2018), se hace necesario determinar cuál de ellos representa más beneficio y es mejor sobre la oxidación de las grasas y por tanto puede ser el indicado para la mayoría de la población que busca reducir el exceso de masa grasa, para ello se realizó una investigación teórica de publicaciones posteriores al año 2000, que incluye investigaciones-estudios, revisiones y metaanálisis que comparan estos dos tipos de entrenamiento, se buscaron artículos en inglés y español, teniendo en cuenta palabras claves tales como: lípidos, entrenamiento intervalado de alta intensidad y entrenamiento continuo, todo ello con el fin de dar luces a los profesionales en actividad física a la hora de realizar las planificaciones de entrenamiento enfocados en las necesidades individuales.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El entrenamiento Intermitente de Alta intensidad (EIAI), más conocido como HIIT por sus siglas en inglés *high intensity interval training*, surge en los años 30 cuando se unen el Cardiólogo Alemán Hans Reindell y el entrenador Waldemar Gerschler quienes trasladaron el entrenamiento por intervalos del consultorio cardiológico a las pistas de atletismo, probando la eficacia de esta metodología con el surgimiento de un corredor rápido y resistente: Rudolf Harbig, en la década de los 80 se registran marcas excepcionales en atletas olímpicos que utilizaron este tipo de entrenamiento (Hegedüs, J. 1988). En el año 1996, el doctor Izumi Tabata y sus colaboradores publicaron un estudio en el cual concluyeron que un entrenamiento intermitente de alta intensidad adecuado, puede mejorar significativamente los sistemas de suministro de energía tanto anaeróbicos como aeróbicos (Tabata et al, 1996), esto despertó el interés por este sistema de entrenamiento y sus beneficios; este sistema de trabajo se caracteriza por ser un entrenamiento completo realizado en corto tiempo y con volúmenes reducidos, comparado con el entrenamiento aeróbico tradicional (Buchheit & Laursen, 2013).

Este tipo de entrenamiento difiere con el entrenamiento de resistencia aeróbica que se realiza tradicionalmente, el cual se practica de forma continua, regular y genera adaptaciones fisiológicas, cardiorrespiratorias y metabólicas que mejoran el rendimiento deportivo, (Hulston et al., 2010). En el entrenamiento de alta intensidad el principal combustible utilizado son los carbohidratos, dejando en segundo plano la oxidación de las grasas (Spriet, 2011). (Jarillo, 2017).

Al inicio de la actividad física se activan las vías que metabolizan y oxidan la grasa alcanzando su nivel máximo a intensidades moderadas (Jarillo, 2017). En la medida que la intensidad aumenta y alcanza de un 75% a un 100% del $VO_{2m\acute{a}x}$, se restringe el metabolismo de la grasa y son los carbohidratos los que inician la producción de energía por volumen de oxígeno (Spriet, 2011). (Jarillo, 2017). Sin embargo, no hay claridad dentro de la evidencia científica acerca del gasto lipídico en este tipo de entrenamiento de alta intensidad y su utilidad dentro de estas modalidades de ejercicio. (Cofré et al, 2016)

En los procesos metabólicos que se realizan a nivel del musculo esquelético, en lo relacionado con la oxidación de las grasas, existen dos factores importantes (López & Fernández. 2006), uno de ellos es la movilización de los de ácidos grasos (AG), que dependen de la disponibilidad de ácidos grasos libres (AGL) y finalmente la capacidad que tienen los tejidos para su oxidación.

Teniendo en cuenta que estos dos tipos de entrenamiento difieren principalmente en la duración del estímulo y la intensidad: ¿Cuál es la evidencia científica acerca del metabolismo de las grasas en los ejercicios de alta intensidad y en el entrenamiento aeróbico tradicional?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El mejoramiento de la resistencia cardiovascular como componente de la aptitud física tiene como beneficios mejorar el abastecimiento de oxígeno hacia las células musculares, por lo tanto, la producción de combustible (ATP) que ellas requieren, además mejoran la movilización de productos metabólicos y ayudan a la termorregulación del organismo. (López & Fernández. 2006).

Cuando se va a realizar una planificación de entrenamiento surgen diferentes interrogantes tales como: cuales son los beneficios cardiovasculares que se esperan, que tipo de entrenamiento se debe utilizar y cuál de ellos oxida más rápido la grasa, sin olvidar que se debe tener en cuenta las condiciones físicas y de salud del sujeto, es por ello que se hace necesario tener claros, cada uno de estos aspectos. (Cofré, Sánchez, Zafra, Espinosa. 2016)

En el entrenamiento de resistencia aeróbica es cuando mayor protagonismo adquieren las grasas, dado que la mezcla de sustratos energéticos depende fundamentalmente de la intensidad del ejercicio, es por esta razón que toda la vida se ha recomendado para la oxidación de las grasas y mejorar la resistencia cardiovascular; no obstante, el entrenamiento HIIT produce iguales o mejores ganancias cardio-metabólicas a corto plazo, según una investigación publicada en British Journal of Sports Medicine el HIIT (entrenamiento a intervalos de alta intensidad) produce 28% más de reducción de grasa corporal que el entrenamiento aeróbico tradicional. (López & Fernández. 2006).

Esta revisión de la literatura es importante ya que provee información valiosa acerca de la evidencia científica sobre la metabolización de las grasas teniendo en cuenta que existen múltiples factores que influyen en el porcentaje aportado por la grasa intra y extracelular (entre un 30 y un 80%), para la producción de energía

necesaria para la realización de la actividad física, estos son: estado nutricional, grado de entrenamiento, intensidad y duración del ejercicio. (López & Fernández. 2006). Es por esta razón que es muy importante tener clara la diferencia de dichos procesos en los entrenamientos aeróbicos tradicionales y los HIIT, para la planificación de los entrenamientos.

Esta monografía aporta a la línea de investigación de rendimiento deportivo y ciencias aplicadas del Grupo de Investigación, Ciencia e innovación deportiva GICED de las UTS, en su propósito de innovar en el ámbito de la Actividad física y el Deporte, enfocado a generar aportes para las planificaciones donde se pueda incluir diferentes tipos de entrenamiento que ayuden al metabolismo de las grasas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el entrenamiento aeróbico tradicional y el HIIT desde los sustratos energéticos utilizados, teniendo en cuenta la evidencia científica actual como fundamento para la planificación de los entrenamientos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar los fundamentos teóricos de los procesos metabólicos que se llevan a cabo en la ejecución del ejercicio físico tanto en el entrenamiento de resistencia aeróbica como en el HIIT.

Definir los componentes teóricos basados en la gluconeogénesis empleada en la realización de ejercicios de alta intensidad y su influencia en los sistemas

energéticos utilizados teniendo en cuenta la intensidad y duración del tipo de ejercicio empleado.

Revisar la evidencia científica existente acerca del uso de la grasa intracelular y extracelular en los procesos metabólicos llevados a cabo en ejercicios Intermitentes de alta intensidad y en el entrenamiento de resistencia tradicional.

2. MARCO REFERENCIAL

MARCO TEORICO:

1. Entrenamiento Intermitente de Alta intensidad (HIIT)

1.1. Definición: EL HIIT Es un sistema de entrenamiento físico-deportivo, el cual se basa en la repetición de un intervalo de alta intensidad, con aumento en el VO₂máx, realizado en determinado tiempo, lo que genera una modificación en la fuente de energía, cambiando los carbohidratos por la oxidación de lípidos, este intervalo es alternado con tiempos de recuperación los cuales pueden ser pasivos o activos (Buchheit & Laursen, 2013). La ejecución de ejercicio de alta intensidad desata una serie de respuestas neurohormonales que se caracterizan por una disminución en la producción de insulina y a la vez un aumento en la liberación de glucagón, adrenalina y noradrenalina. Como consecuencia a dicho aumento, se activa la producción de glucógeno fosforilasa, esto convierte al glucógeno muscular como la principal fuente de energía en los primeros minutos de la ejecución del ejercicio, teniendo en cuenta que se puede usar en ausencia de oxígeno (condición anaeróbica) en un momento donde el organismo no ha logrado adaptar la oferta de oxígeno. Con el paso del tiempo es la glucosa en sangre la encargada de aportar aproximadamente el 30% de la energía necesaria.

1.2. Historia: Los inicios del entrenamiento de alta intensidad se remontan al año 1890, cuando el médico ortopedista Gustav Zander, en su instituto de Estocolmo, creó el primer gimnasio haciendo uso de máquinas y con un entrenamiento similar a lo que hoy en día se conoce como entrenamiento de alta intensidad (Oreña, 2018). En el año 1930 se une el Cardiólogo Alemán Hans Reindell y el entrenador Waldemar Gerschler y trasladan el

entrenamiento por intervalos, del consultorio a las pistas de atletismo, dando como resultado atletas muy rápidos. En el año 1970 el inventor Arthur Jones diseña las máquinas de palanca llamadas Nautilus, e igualmente un programa de entrenamiento de alta intensidad, el cual se convirtió en un fenómeno mundial en el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento (Boyle, 2017). En el año 1996 el profesor Izumi Tabata y sus colaboradores realizaron un estudio en el cual se demostró que el entrenamiento Intermitente de alta intensidad mejora significativamente los sistemas de suministro de energía por medio de estímulos intensivos (Tabata et al, 1996) despertando y llevando a un nuevo auge este entrenamiento.

- 1.3. Sistema de oxidación de la grasa: Todo organismo requiere energía química para su funcionamiento, dicha energía procede principalmente de la grasa y los hidratos de carbono, a su vez el músculo requiere esa energía (ATP) para transformarla en energía mecánica, para ello dispone de tres mecanismos para resintetizar el ATP que son: Resíntesis de ATP a partir de la fosfocreatina (PCr), glucólisis anaeróbica y la fosforilación oxidativa; las dos primeras son procesos anaeróbicos que se realizan en el citosol celular y la tercera es una oxidación aeróbica que se realiza a nivel mitocondrial y es ella la que proporciona la mayor parte de la energía necesaria; estos tres mecanismos se complementan dado que fisiológicamente se considera imposible que solo participe uno de los sistemas, dependiendo el ejercicio que realice el musculo, él decide cual sistema utiliza en mayor proporción, si la intensidad del ejercicio es alta, el organismo opta por hacer uso de la vía metabólica de los fosfágenos (ATP-PCr), la cual proporciona la energía que necesita el músculo para el inicio de la actividad, en los ejercicios de alta intensidad y de corta duración, se cumple la lipólisis pero no la beta oxidación, generando un retorno de la

grasa circulante a su sistema de almacenamiento en los adipocitos. (López Chicharro & Fernandez Vaquero, Fisiología del Ejercicio, 2006)

2. Entrenamiento aeróbico tradicional

- 2.1. Definición: Cuando se realiza actividad física se requiere energía, la cual puede provenir de los ácidos grasos libres, se cree que cuando se inicia dicha actividad se aumenta la producción de la hormona de crecimiento y permanece elevada hasta varias horas después, además el tejido adiposo se hace más sensible al aumento de las catecolaminas en circulación, todo lo anterior aumenta la movilización de lípidos y por lo tanto aumenta la oxidación de las grasas, (Wilmore & Costill, 2004). El ejercicio aeróbico tradicional se caracteriza por su alto volumen y media o baja intensidad y larga duración, dando lugar así a la oxidación de grasas ya que se trabaja con el 60% de la frecuencia cardíaca máxima para así completar el proceso desde la lipólisis hasta la beta oxidación, dando prioridad a los procesos aeróbicos (presencia de oxígeno).
- 2.2. Historia: Desde épocas antiguas en China, India y Grecia, el ejercicio físico era considerado de gran importancia en la limpieza de mente y cuerpo, lo cual fue ratificado por Hipócrates cuando enseñaba como limpiar y nutrir el alma (460-370 d.C.), para el año 1553 el doctor Méndez, médico español publica el primer libro dedicado al ejercicio físico (López Chicharro & López Mojares, 2008), este proceso se continua con diferentes publicaciones relacionadas con la importancia de promover la actividad física para lograr mejoras en la salud y prevenir las enfermedades, todo esto cobró mayor importancia después de la segunda guerra mundial cuando se realizaron investigaciones sobre el efecto positivo que tiene la actividad física sobre la salud, se destaca el estudio del profesor Morris sobre diferentes trabajadores y la relación entre trabajo activo, sedentarismo y salud (López

Chicharro & López Mojares, 2008), pero solo hasta la revolución fitness que inicia en los años 60 se despertó el interés por la investigación en temas de actividad física y salud, y tiene su mayor impacto en los años 80 cuando incluyen además de las actividades de alto impacto unas de menor impacto osteoarticular y de baja intensidad, esto dejó la puerta abierta para la práctica de un ejercicio físico más global y que incluye a personas poco atléticas. Para los años noventa el entrenamiento aeróbico recibe toda la atención y las investigaciones se centran en su eficacia a la hora de prevenir enfermedades cardiovasculares y ayudar en la pérdida de masa grasa (López Chicharro & López Mojares, 2008)

- 2.3. Sistema de oxidación de la grasa: De acuerdo a la ubicación, la grasa se puede clasificar en: visceral o dura, la cual se encuentra a nivel abdominal y es considerada la más peligrosa, la subcutánea ubicada debajo de la piel y la intramuscular que está en menor proporción entre las fibras musculares (Wilmore & Costill, 2004), cuando se realiza actividad física se espera una disminución del porcentaje de grasa, aunque en muchas ocasiones no se tenga claro cuál de ellas se está oxidando; es importante saber que para que se de este proceso de oxidación de la grasa, se requiere de una secuencia de tres pasos que son: la movilización, el transporte y la oxidación; para dar inicio a este proceso debemos tener en cuenta que a nivel del adipocito se encuentran los triglicéridos, que constituyen la fuente de energía más importante, la enzima lipasa es la encargada de dividir químicamente dicha molécula separando el glicerol del ácido graso libre (AGL) el cual es liberado al torrente sanguíneo (lipolisis) e inicia su movilización uniéndose a la albúmina plasmática y llegando a la mitocondria para que se realice la beta oxidación, punto en el cual se usa la grasa como fuente de energía, siendo este un proceso aeróbico. (Wilmore & Costill, 2004) A nivel sanguíneo se encuentra la insulina quien además de controlar

la cantidad de glucosa, funciona como un inhibidor de la oxidación de la grasa, ya que, al haber glucosa circulante, esta predominará como fuente de energía. La oxidación de los ácidos grasos se lleva a cabo principalmente en las fibras tipo I (las de contracción lenta) que por lo general son activadas durante ejercicios de volumen alto que se trabaja a intensidades moderadas a bajas dejando así una predominancia de la combustión de lípidos de hasta un 90% de los sustratos utilizados. (López Chicharro & López Mojares, 2008)

MARCO CONCEPTUAL:

A lo largo de los años se han identificado factores de riesgos primarios que aumentan y/o generan gran cantidad de enfermedades, dentro de estos factores se encuentran: el fumar, la obesidad, la hipertensión, malos hábitos alimenticios y uno muy importante la inactividad física, lo cual se ha documentado en muchos artículos a lo largo de los últimos años (Wilmore & Costill, 2004) es por ello que la actividad física se considera fundamental para mejorar el estado de salud y prevenir las enfermedades cardiovasculares, razón por la cual su práctica debe mantenerse de manera constante. Cuando se va a realizar una planificación de entrenamiento es importante tener en cuenta las condiciones físicas y de salud del sujeto (Cofré, Sánchez, Zafra, Espinosa. 2016) y el uso de las grasas; en el caso de la oxidación de los ácidos grasos que se encuentran en el músculo esquelético, su proceso metabólico depende de la movilización de los ácidos grasos, su posterior disponibilidad y la capacidad de los tejidos para realizar dicha oxidación (López & Fernández. 2006). Los procesos de metabolización y oxidación de la grasa se activan paulatinamente al inicio del ejercicio y llegan a un máximo a intensidades de ejercicio moderadas (Jarillo, 2017). En la medida que aumenta la intensidad y se alcanza de un 75% a un 100% del $VO_{2máx}$, se restringe el metabolismo de la grasa y son los carbohidratos los que inician la producción de energía por volumen de

oxígeno (Spriet, 2011). (Jarillo, 2017). Es importante tener en cuenta que existen factores que afectan directamente el porcentaje de energía producido por la grasa intracelular y extracelular para la realización de actividad física y son: estado nutricional, nivel de entrenamiento, intensidad y duración del ejercicio. (López & Fernández. 2006).

Cuando la actividad es de carácter aeróbico tradicional, es de alto volumen y baja intensidad, al ser de esfuerzo moderado y duración prolongada genera que la metabolización aumente gradualmente y es adecuado para personas poco entrenadas o inactivas físicamente que quieran dar inicio a un régimen de ejercicio físico. Si la actividad que se quiere practicar es un entrenamiento intermitente de alta intensidad, este requiere de menos tiempo, pero la intensidad es mucho más alta, y tiene mayor impacto osteoarticular, el cual, al ser más exigente, debería ser practicado por personas entrenadas.

MARCO LEGAL

A lo largo de la historia colombiana se ha tenido en cuenta el deporte, como base fundamental en el desarrollo humano, el cual ha evolucionado en su percepción: inicialmente se plantean normas para la educación física, la recreación y el deporte, posteriormente se incluye el aprovechamiento del tiempo libre, y años más tarde, se tiene en cuenta la actividad física y su impacto positivo en la salud y en el desarrollo integral de todo ser humano, sin importar si estas prácticas están en la línea del entrenamiento de resistencia aeróbica tradicional o en el de alta intensidad; de igual forma evoluciona su importancia, desde el punto de vista organizacional, iniciando como Instituto Colombiano del Deporte, el cual se transforma en Departamento Administrativo y más recientemente en el Ministerio del Deporte. En

el siguiente cuadro se hace un recorrido cronológico de la parte legal anteriormente expuesta.

Tabla 1. Recorrido cronológico de la parte legal

| DECRETO, LEY, RESOLUCIÓN, NORMA, ARTÍCULO | ELABORADO POR: | FUNCIÓN: |
|---|---|--|
| Decreto 2845 de 1984 | Ministerio de Educación | Normas que dan ordenamiento a la educación física, la recreación y el deporte. |
| Ley 181 de 1995 | Congreso de la República | Ley del Deporte, la cual buscaba brindar acceso a la comunidad al deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre |
| Decreto 1229 de 1995 Reglamenta el artículo 89 de la ley 181 | Ministerio de Educación Ministerio de Defensa | Creación de un grupo especial dentro de la policía nacional, para organizar realizar y apoyar actividades deportivas, recreativas y de aprovechamiento del tiempo libre. |
| Decreto 2771 de 2008 | Ministerio de Educación Ministerio de Protección Social Ministerio de Cultura | Se crea la comisión intersectorial para medir el impacto de la Actividad física, |
| Decreto 4183 de 2011 | Ministerio de Hacienda Ministerio de Cultura Departamento Administrativo de la función Pública | Se transforma el Instituto Colombiano del Deporte COLDEPORTES en Departamento Administrativo |
| Decreto 1085 de 2015 | Departamento Administrativo del deporte, la recreación, la actividad física y el aprovechamiento del tiempo libre - COLDEPORTES | Decreto único reglamentario del sector administrativo del deporte |
| Decreto 216 de 2016 | Departamento Administrativo del deporte, la recreación, la | Hace referencia al día Internacional del Deporte para el Desarrollo y la paz, y el Día Mundial de la Actividad Física |

| | | |
|--|--|---|
| actividad física y el aprovechamiento del tiempo libre - COLDEPORTES | | |
| Decreto 1670 de 2019 | Ministerio de Hacienda Departamento Administrativo de la función Pública | Se adopta la estructura Interna del “Ministerio del Deporte” |

Fuente: La autora

MARCO AMBIENTAL

La población humana crece constantemente, igual que la economía y las necesidades materiales que ella requiere, generando un gran impacto sobre el medio ambiente y los recursos naturales que allí encontramos; dado que genera mayor trabajo en los sistemas naturales para que puedan absorber la degradación generada (Mascareñas, 2006), es por esto que los gobiernos nacionales y locales están creando estrategias orientadas al buen uso de los recursos, Colombia a través de la Directiva Presidencial número 04 del 3 de abril del 2012 (República, 2012) implementó la política cero papel en la administración pública, a la par el Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones publicó la guía número 1, sobre las buenas prácticas para reducir el consumo de papel, todo esto con el fin de cuidar un recurso natural de gran importancia para el planeta. El desarrollo de la presente monografía está alineado con estas orientaciones, teniendo en cuenta que toda la revisión bibliográfica, digitación, envío de documentos y formatos se realizan virtualmente, por lo tanto, se da cumplimiento a la política cero papel.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Diseño de estudio: Se realizó una revisión teórica la cual tiene como fundamento la adquisición de conocimientos de diferente índole, sin que ello implique la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos, a través del análisis de la mejor evidencia científica disponible.

Metodología para la selección de artículos: Se hizo una búsqueda de artículos científicos en idiomas español e inglés y se realizó una selección sistemática de la evidencia encontrada. De igual manera se hizo una revisión de textos de la biblioteca virtual de la UTS, de libros electrónicos y se realizó la lectura de los resúmenes de los artículos para determinar si cumplían con los criterios definidos para incluirlos dentro de esta revisión. En su búsqueda se usaron bases de datos como E-libro, VirtualPro, Alfaomega y revistas relacionadas, utilizando palabras claves tales como: “Resistencia Aeróbica, Entrenamiento Intermitente de Alta intensidad (EIAI), grasa”; “Aerobic Resistance, *High intensity interval training* (HIIT), fat”. Los libros consultados, igual que los artículos, cumplieron con fechas posteriores al año 2000. En el flujograma que se encuentra a continuación, se relaciona cómo se realizó la revisión y cumplimiento de criterios de la documentación para definir la evidencia científica que fue analizada y también la que fue excluida (Figura 1).

FLUJOGRAMA

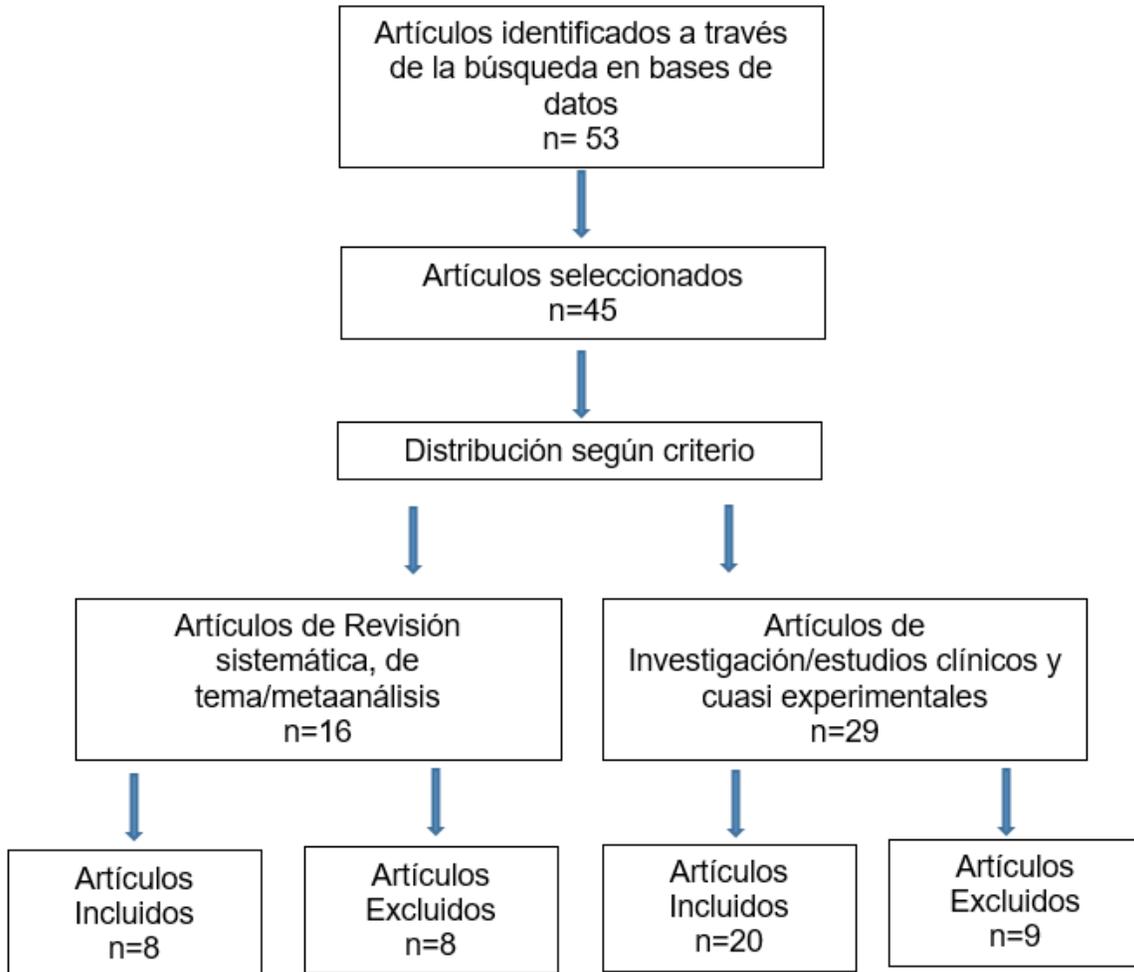


Figura 1. “Diagrama de flujo”. Fuente: La autora

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Dentro del desarrollo de esta monografía se decidió por una estrategia de búsqueda sistemática para encontrar los artículos relevantes, se estableció un criterio de inclusión y exclusión. En la tabla 2 se adjunta la lista de revisiones /metaanálisis y en la tabla 3 las investigaciones /estudios, en cada una de ellas aparecen las razones por las cuales no fueron tenidos en cuenta para el desarrollo de esta monografía.

Tabla 2. Revisiones / metaanálisis incluidas (IN) y excluidas(EX)

| Revisión | IN/EX | RAZÓN |
|----------------------------|-------|---|
| Viana et al, 2019 | IN | |
| Mika et al, 2019 | IN | |
| Gómez y Sánchez, 2019 | IN | |
| Falk Neto y Kennedy, 2019 | EX | Rendimiento deportivo |
| Tibana y De Sousa, 2018 | EX | Enfoca en prevalencia de lesiones. |
| Feito et al, 2018 | EX | HIIT y HIFT, adaptaciones metabólicas |
| Boutcher, 2018 | IN | |
| Keating et al, 2017 | IN | |
| Buchheit y Laursen, 2017 | EX | Hace énfasis en el sistema cardiopulmonar |
| Viana y Gómez, 2012 | EX | Enfatiza en lactato a nivel de sangre. |
| Cofré-Bolados et al, 2016 | IN | |
| Daniel Jarillo Martí, 2016 | IN | |
| Milanovic y Weston, 2015 | IN | |
| Buchheit y Laursen, 2013 | EX | No hace referencia a la oxidación de grasas |
| Thompson et al, 2012 | EX | Generaliza la oxidación de grasa. |
| Billat, 2001 | EX | No específica sobre oxidación de grasas |

Fuente: La autora

Tabla 3. Investigaciones/estudios incluidas (IN) y excluidas(EX)

| Investigación / Estudio | IN/EX | RAZÓN |
|---------------------------------|-------|--|
| Moris y Floody, 2020 | IN | |
| Villaquiran-Hurtado et al, 2020 | EX | No hace referencia a oxidación de grasas |
| Sáez-Olivares et al, 2019 | IN | |
| Arboleda-Serna et al, 2019 | IN | |
| Morales-Palomo et al, 2019 | EX | Se enfoca en síndrome metabólico |
| Cazares et al, 2019 | EX | No hace referencia a oxidación de grasas |
| Demirel et al, 2018 | EX | Enfoque en problemas cardiovasculares |
| Tibana et al, 2018 | EX | Se centra en el esfuerzo en el entrenamiento |
| Revueltas Casterás, 2017 | IN | |
| Molina et al, 2016 | IN | |
| Yépez Albuja S, 2017 | IN | |
| Camacho et al, 2016 | IN | |
| Hormazabal et al, 2016 | IN | |
| Viñuela et al, 2016 | IN | |
| Tucker et al, 2016 | IN | |
| Crawford et al, 2014 | EX | Se enfoca la capacidad de trabajo |
| Tabata et al, 2014 | IN | |
| Ulloa et al, 2015 | IN | |
| Keating et al, 2014 | IN | |
| Kelly et al, 2013 | IN | |
| Nybo et al, 2010 | IN | |
| Kirk et al, 2009 | IN | |
| Moholdt Trine et al, 2009 | IN | |
| Tjonna et al, 2008 | EX | Se enfoca en síndrome metabólico |
| Perry et al, 2008 | IN | |
| Gibala y McGee, 2008 | EX | Se centra en el efecto musculo-esquelético |
| Gibala et al, 2006 | EX | Se centra en el rendimiento deportivo |
| Van Aggel-Leijssen et al, 2002 | IN | |
| Van Aggel-Leijssen et al, 2001 | IN | |

Fuente: La autora

A continuación, se relacionan las investigaciones (tabla 4) y las revisiones (tabla 5) que cumplieron con los criterios de selección, con sus protocolos y resultados.

Tabla 4. Resumen de investigaciones / estudios seleccionados

| AÑO | AUTORES | PAIS IDIOMA | POBLACIÓN | INSTRUMENTOS | PROTOCOLO DEL EJERCICIO | RESULTADOS | TIPO DE ARTÍCULO |
|------|----------------------|---------------------|---|--|--|---|------------------------------|
| 2020 | Moris y Floody. | Chile/ Español | n=30 Edad=44.8±11.6 3 grupos | Bioimpedanciómetro para medir el porcentaje graso y masa corporal. Para el IMC: báscula y Tallimetro. Calorímetro para estimar el consumo máximo de oxígeno (VO2max) (diferenciado para hombres y mujeres) Cicloergómetro | Entrenamiento HIIT. Grupo 1= 12 semanas Grupo 2=16 semanas Grupo 3=20 semanas Entrenamiento HIIT 3 veces por semana. 1 minuto a máxima intensidad en Cicloergómetro, entre el 80 y el 100 % de su FatMax, con descanso de 2 minutos, un total de 10 repeticiones (1 × 2 × 10), 3 veces a la semana durante el período de tiempo asignado según protocolo. | En los tres grupos estudiados se presentó una disminución significativa en la grasa corporal, sin mucha diferencia entre grupos. Los datos cardiovasculares no reportaron diferencias entre grupos, pero todos disminuyeron la presión arterial sistólica. En el análisis realizado antes del protocolo frente al posterior, los tres grupos presentaron mejoras en el VO2max, sin diferencias entre grupos. Finalmente, los tres grupos aumentaron la utilización de grasas durante el ejercicio | Estudio experimental |
| 2019 | Sáez-Olivares et al. | Chile/ Español | n=23, 10 hombres y 13 mujeres. Edad=32±10 | Báscula electrónica, Tallimetro, Cicloergómetro Calorimetría Indirecta (anализador de gases). | Entrenamiento HIIT. Se inició con 1' de toma de parámetros basales seguido de 3 minutos de calentamiento al 20% de la potencia teórica máxima (WTmax). Los aumentos fueron del 10% de la WTmax cada 5 minutos hasta llegar a un valor del coeficiente respiratorio (RER) estable de 1.0 posterior a esto las etapas se reducen a 1 minuto hasta la fatiga voluntaria. | Los resultados del trabajo sugieren que existe correlación entre el primer umbral de variabilidad de frecuencia cardiaca y el punto de máxima oxidación de grasas en las variables de consumo de oxígeno y carga en watts en adultos sanos físicamente activos. Al utilizar esta relación se puede identificar la carga en watts en el punto de máxima oxidación de grasas con una buena concordancia. | Estudio experimental |
| 2019 | Arboleda-Serna et al | Colombia/ Inglés | n=40, dividido en 2 grupos Edad=18 a 44 años | Monitor de frecuencia cardiaca. Cinta rodante. Podómetro Pulsímetro | 8 semanas, Comparan HIIT con MICT (Entrenamiento continuo de intensidad moderada). 3 sesiones por semana | Los resultados no permiten afirmar que HIIT sea superior a MICT para incrementar el VO2max en hombres sanos de 18 a 44 años o viceversa. Sin embargo, se puede decir, que | Ensayo clínico aleatorizado. |

| | | | | | | | |
|------|-----------------------|------------------|---|---|---|--|---|
| | | | | | Los dos grupos realizaron calentamiento 5' al 50-60% de la frecuencia cardiaca. Al finalizar enfriamiento de 3'al 40-50% de la frecuencia cardiaca Grupo HIIT: 15 sesiones de 30" a 90-95% FCmáx, con 60" de recuperación (50-55% consumo máx. de oxígeno) MICT: 40' en cinta rodante al 65-75% FCmáx | ambos métodos aumentan VO2max, aunque cuando se compara ninguno de ellos muestra un resultado más beneficioso. Se requieren estudios adicionales no solo para probar la efectividad del HIIT sobre el VO2max, sino también su viabilidad frente a las limitaciones musculoesqueléticas, la tolerancia al ejercicio y la adherencia al protocolo. | |
| 2017 | RevueltasCasterás P.R | España / Español | n= 5 hombres Edad 23±5 años. Estudiantes Universitarios | Cicloergómetro para medir el consumo de oxígeno máximo Bioimpedanciómetro para mediar el porcentaje graso y masa corporal. Calorimetría Indirecta (analizador de gases). Tensiómetro. Electrocardiograma. | 2 semanas de entrenamiento HIT. 3 sesiones por semana, separadas por 24 horas, se mide el metabolismo basal en reposo. Con dieta isocalórica. | Se notaron diferencias significativas en los Datos antropométricos, VO2máx., potencia aeróbica máxima y en la prueba de FatMax, 24 horas posteriores al ejercicio. | Investigación Cuasi-experimental de intervención de 2 semanas |
| 2016 | Molina et al. | Chile / Español | n=65 incluye hombres y mujeres entre los 18-67 años de edad diagnosticados con sobrepeso u obesidad | Cicloergómetro para medir el consumo de oxígeno máximo Bioimpedanciómetro para mediar el porcentaje graso y masa corporal Bicicleta estática Monitor pectoral para medir la frecuencia cardiaca | 4 semanas de entrenamiento HIIT 3 sesiones alternas a la semana (12 sesiones) de 10 series de 1' de trabajo seguido de 2' de descanso | Aumento en la masa muscular. Incremento en la capacidad aeróbica. En personas con sobrepeso u obesidad, a los cuales se les asocia ejercicio intermitente de alta intensidad y control nutricional se pueden obtener reducciones significativas de la masa grasa y peso corporal. | Investigación experimental |
| 2016 | Yepes Albuja, S. | España / Español | n=5 varones Edad 23±4.6 años. 81±20.6 Kg Estudiantes Universitarios | Cicloergómetro para medir el consumo de oxígeno máximo Bioimpedanciómetro para mediar el | 3 semanas de entrenamiento HIIT, con dieta isocalórica, 6 sesiones, 5' calentamiento 2 series 10' con bloques de 30", de alta intensidad 110% del VO2máx. y 40% de | Se notaron diferencias significativas en los Datos antropométricos, VO2max, potencia aeróbica máxima. | Investigación Cuasi-experimental |

| | | | | | | | |
|------|-------------------------|-------------------|---|--|---|--|-----------------------------|
| | | | | porcentaje graso y masa corporal. Oxycon MasterScreen CPX (analizador de gases). | VO2máx., con recuperación activa al 40 | | |
| 2016 | Camacho-Cardenosa et al | España/ Ingles | n= 35 adolescentes | Monitor de frecuencia cardiaca. Conos, Metronomo Bioimpedanciometro Cinta antropométrica | 8 semanas de entrenamiento comparativo a diferentes intensidades. 3 sesiones por semana. HIIT: 4 a 6 series de sprints de 20" a máxima intensidad. Test Course Navette (Resistencia cardiorespiratoria) Aeróbico continuo: carrera continua, al 65-75% FCmáx igualando en tiempo al HIIT | El grupo de entrenamiento aeróbico continuo mostró un aumento en el porcentaje de masa grasa del tronco y el porcentaje de grasa total. El programa HIIT no mejoró los parámetros de masa grasa evaluados. Por lo tanto el HIIT es más útil para evitar ganancia de masa grasa total y del tronco en adolescentes. | Estudio experimental |
| 2016 | Hormazábal et al | Chile/ Español | n= 8, 6 mujeres y 2 hombres, Edad= 19 a 25 años. Estudiantes universitarios. | Balanza calibrada Tallmetro portátil Cinta métrica Glucómetro Cicloergómetro y Ergo espirómetro | 8 semanas de entrenamiento HIIT. 3 sesiones por semana. Esprint de 8 s (al 85% de la FC máx.) en Cicloergómetro, seguido de un descanso activo de 12 s(al 60% de la FC máx.), por 60 repeticiones, para un total de 20 min por sesión | El entrenamiento HIIT es eficiente en tiempo y mejora el sistema muscular a nivel funciona y de adaptación, lo cual conlleva a una mayor oxidación de la grasa y la glucosa. En esta investigación se notó que la glicemia basal disminuyó en un 5.52% sus niveles, siendo la que presentó la mayor variación, además logró valores estables en los participantes. | Estudio experimental |

| | | | | | | | |
|------|---------------|--------------------|--|--|---|--|---------------------------------|
| 2016 | Viñuela et al | España/ Español | n=16 Edad=20-27 años Con grupo control | Densitómetro Cicloergómetro Absorciómetro dual de rayos X (DEXA) Báscula-Tallimetro telescópico para peso y talla | 4 semanas de entrenamiento HIIT, 12 sesiones de sprint, 3-6 Sprint de 30" con recuperación de 4' , 3 minutos por sesión, frecuencia de 3 veces/semanal | Se mejoró el rendimiento mecánico (potencia media y máxima) de los miembros inferiores. Se obtuvieron descensos en la masa grasa abdominal y total, esto generó modificaciones en la composición corporal, pero no se observaron cambios estadísticamente significativos en la masa libre de grasa. | Estudio experimental |
| 2016 | Tucker et al. | EEUU/ Ingles | n=20 hombres Edad=24±4 | Cicloergómetro y Ergo espirómetro. Pletismógrafo por desplazamiento de aire Estadiómetro. Báscula electrónica. Monitor de frecuencia cardíaca. | Entrenamiento comparativo a diferentes intensidades. HIIT: cuatro intervalos de 4 minutos al 95% de FCmáx, con 3 minutos de recuperación activa. SIE (intervalo de Velocidad): seis sprints de Wingate de 30 segundos, separados por 4 minutos de recuperación activa. SSE (Entrenamiento Continuo): 30 minutos al 80% de la FCmáx. Se midió el VO2máx en forma continua, durante y después de la prueba. | Aunque el SIE provoca un mayor EPOC en comparación con el ejercicio SSE tradicional, el gasto energético neto total (ejercicio + post-ejercicio) es menor que HIIT y SSE. Es poco probable que el EPOC sea el principal contribuyente a la pérdida de grasa y a los cambios en la composición corporal que se observaron previamente después del entrenamiento de ejercicios en intervalos de alta intensidad. Finalmente, es importante reconocer que el SIE puede tener una utilidad limitada debido al hecho de que este protocolo fue relativamente mal tolerado en esta cohorte de hombres jóvenes recreacionalmente activos. | Estudio cruzado aleatorio |

| | | | | | | | |
|------|---------------|--------------------|--|---|---|--|--|
| 2014 | Tabata et al. | Japón/ Inglés | n=14 hombre físicamente activos. Edad=23±1 | Cicloergómetro Ergo espirómetro | 6 semanas, entrenando 5 días a la semana, comparativo a diferentes intensidades. Precalentamiento 10' al 50% VO2máx. MCT: pedaleo de 70 rpm, al 70% de VO2máx por 60', cada semana se incrementaba la intensidad para llegar a ese 70%. HIIT: 4 días con 7/8 series, pedaleo por encima de 85 rpm, y en 1 día se trabajaba 30' al 70% VO2máx y luego 4 series a 170% VO2máx. | El entrenamiento aeróbico (MCT) al 70% VO2máx de 6 semanas mejoró el VO2máx por 5 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ , a diferencia de la capacidad anaeróbica, (déficit de oxígeno acumulado máximo) que no cambió. Además 6 semanas de entrenamiento utilizando ejercicio exhaustivo intermitente de alta intensidad (HIIT), mejoró el VO2máx por 7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ y la capacidad anaeróbica por 28%. El HIIT pueden mejorar significativamente los sistemas que dan energía anaeróbica y aeróbica. | Estudio experimental |
| 2014 | Ulloa et al. | Chile / Español | n=97 Hombres Edad= 18.65±1.06 Peso=69.8±9.73kg Con grupo control. | Control de gases Báscula electrónica Tallmetro portátil Calorimetría indirecta | 8 semanas de entrenamiento comparativo a diferentes intensidades. 3 sesiones por semana (total 24 sesiones) administrado de forma continua. Con medidas pre y post intergrupos. Alimentación controlada. 4 grupos: aeróbico, anaeróbico, potencia aeróbica máxima y grupo control. | El entrenamiento de resistencia mejora la oxidación de grasas, El entrenamiento de carrera continua alcanza la máxima oxidación de grasas, por su intensidad y largo tiempo a diferencia del tipo interválico de mayor intensidad. La oxidación de grasa aumenta a la par de la intensidad del ejercicio, alcanzando su máxima tasa de oxidación a intensidades promedio cercanas al 60-65% del VO2max. 8 semanas de entrenamiento a diferentes intensidades relacionadas a las zonas de transición metabólicas aumentan la máxima tasa de oxidación de grasas y reducen la FatMax. | Diseño experimental multigrupo, con grupo control aleatorizado |

| | | | | | | | |
|------|----------------|-----------------------|--|--|---|---|---|
| 2014 | Keating et al. | Australia/ Ingles | n=38 Edad=18 a 55 años, entre hombres y mujeres. con sobrepeso Con grupo placebo | Cicloergómetro Estadiómetro (estatura). Absorciómetro de rayos X(DEXA), para composición corporal. | 12 semanas, entrenamiento comparativo a diferentes intensidades. 3 sesiones por semana, trabajo progresivo. HIIT: trabajo al 120% VO2máx, recuperación de 30-40', duración por sesión de 20-24' Resistencia continua: se inició con 30' al 50% VO2máx y en la semana 5, 45'al 65%, duración por sesión de 36 a 48'. Grupo placebo de ejercicio simulado. | Se ha proporcionado la primera evidencia directa de que el ejercicio aeróbico continuo, pero no el HIIT, reduce la grasa corporal total y la grasa androide en adultos con sobrepeso previamente inactivos. El HIIT, da un beneficio en menor tiempo (50-60%) pero para evitar el riesgo de eventos cardiovasculares y músculo- esqueléticos durante el entrenamiento, se debe elegir un protocolo HIIT de menor intensidad que probablemente implique menos peligro para las personas con sobrepeso previamente sedentarias. | Ensayo controlado aleatorizado, con control de placebo. |
| 2013 | Kelly et al | Inglaterra/ Ingles | n=9 hombres. | Cicloergómetro Mascara de gases de respiración en línea. Monitor de frecuencia cardíaca telemétrico. Campana ventilada. | HIT1 (series de ciclismo de alta intensidad de 10 × 1 min seguidas de 1 min de descanso)90% FCmáx y HIT2 (series de ciclismo de alta intensidad de 10 × 4 min seguidas de 2 min de descanso)85% FCmáx. Grupo control. Se analizó el gasto energético e intercambio respiratorio durante 12 horas. | Sesiones individuales de HIT aumentan notablemente el gasto de energía durante el esfuerzo, igualmente se aumentó dentro de la hora inmediatamente posterior al ejercicio (fase rápida EPOC) aunque esta respuesta fue transitoria y de pequeña magnitud. | Estudio experimental |

| | | | | | | | |
|------|----------------|----------------------|---|--|--|--|----------------------|
| 2010 | Nybo et al | Dinamarca/ Ingles | n=36 solo hombres inactivos físicamente. Edad=20-43 Con grupo control | Banda sin fin. Absorciómetro de rayos X(DEXA), para composición corporal. Electrocardiograma. Pulsímetro. | 12 semanas, entrenamiento, 3 veces por semana. Comparativo a diferentes intensidades. Carrera Intensa a Intervalos(INT):40' a la semana, 5' calentamiento, 5 intervalos de 2' por encima del 95% de la FCmáx, Tiempo total de la sesión 20' Carrera prolongada(MOD):tiempo total 1800 minutos, al 50% de la FCmáx. | La mejora en el VO 2máx fue casi dos veces mayor en INT en comparación con MOD. En el INT no se observaron cambios significativos en el peso corporal total, la masa corporal magra total y el % de grasa. El MDO produjo una reducción significativa en el peso corporal del sujeto y el porcentaje de grasa. | Estudio experimental |
| 2009 | Kirk et al. | EEUU / Inglés | n=39 totales entre hombres y mujeres. Con grupo control | Báscula digital Calorímetro indirecto en habitación completa. Estadiómetro de pared. Absorciómetro de rayos X y energía dual | 6 meses de entrenamiento ejercicios de resistencia. 1 serie, 3 días a la semana, 9 ejercicios, 3 a 6 repeticiones máximas (RM)] en adultos jóvenes sedentarios en 24 horas. Control de dieta. n= 22 con ejercicios de resistencia y n= 17 de grupo control | El gasto de energía durante la RT (ejercicios de resistencia) es relativamente bajo, pero el gasto de energía después del cese de la actividad está más elevada. RT tuvo un impacto significativo en la composición corporal. El aumento de masa libre de grasa fue significativamente mayor en el grupo de trabajo RT e igualmente en la oxidación de grasas, en comparación con el de control. | Estudio experimental |
| 2009 | Moholdt et al. | Noruega/ ingles | n=59 entre hombres y mujeres | Báscula electrónica Tallímetro portátil ergo espirómetro Banda sin fin. Pulsímetro. | 4 y 6 meses de entrenamiento comparativo a diferentes intensidades. Entrenamiento de Intervalos: calentamiento 8 minutos, 4 tiempos con intervalos de 4' al 90% FCmáx, pausa activa 3'al 70%, finaliza con 5'estiramiento. Continuo moderado: banda sin fin de forma continua por 46' al 70% FCmáx | En la revisión de las 4 semanas, no se observaron muchas variaciones entre los grupos respecto al VO2máx y la frecuencia cardiaca, al cabo de los seis meses, el entrenamiento Intervalado mostro mejores resultados en dichos factores. | Estudio clínico |
| 2008 | Perry et al | EEUU/ Ingles | n=5 (3 mujeres y 5 hombres) Edad=24±1 | Cicloergómetro. Estudio en sangre. Biopsia muscular. | 6 semanas de entrenamiento HIIT 1 h de intervalos de 10 x 4 minutos a 90% del VO2 máx., separados por 2 | Se demuestra a fondo la potencia del HIIT para mejorar la utilización del sustrato en una variedad de demandas | Estudio clínico |

| | | | | | | | |
|------|---------------------------|-----------------|---------------------------------|--|--|---|---------------------|
| | | | | | minutos de descanso, 3 días/semana. Antes y después del HIIT se realizaron una prueba de VO ₂ máx, una prueba hasta el agotamiento al 90% del VO ₂ máx previo al entrenamiento y un ciclo de 1 hora al 60% del VO ₂ máx previo al entrenamiento | metabólicas en humanos. Se mejoró la oxidación de grasas a intensidades de ejercicio submáximos, las adaptaciones al entrenamiento incluyeron mayor contenido de proteínas transportadoras de ácidos grasos. | |
| 2002 | Van Aggel-Leijssen et al. | EEUU/ Inglés | n=24 varones con grupo control. | Calorímetro indirecto. Pulsímetro para frecuencia cardiaca. Balanza digital. Estadiómetro de pared. La densidad corporal se midió mediante pesaje hidrostático. Cicloergómetro. Máquina para electrocardiograma. | 12 semanas a diferentes intensidades. 3 sesiones por semana Bicicleta estática tres grupos: 1=entrenamiento de ejercicio de baja intensidad (40% VO ₂ máx), n=8 2=Alta Intensidad (70% VO ₂ máx), n=8 3=Control | Los cambios en la oxidación de grasas no fueron significativamente diferentes entre los grupos. Se concluyó que el entrenamiento con ejercicios de baja intensidad en sujetos obesos parecía aumentar la oxidación de grasas (en AG no plasmáticos) durante el ejercicio, pero no en reposo. No se pudo demostrar ningún efecto del entrenamiento con ejercicios de alta intensidad sobre la oxidación de grasas, esto parece apuntar a una tasa reducida de lipólisis del tejido adiposo en este grupo. El entrenamiento con ejercicios de resistencia parece tener la capacidad de aumentar la oxidación de grasas en sujetos delgados. | Diseño experimental |

| | | | | | | | |
|------|---------------------------|-----------------|--|--|--|--|---------------------|
| 2001 | Van Aggel-Leijssen et al. | EEUU/ Inglés | n=21 mujeres, con UB obesidad parte superior 13 y LB obesidad parte inferior 8 | Bicicleta estática. Pulsímetro para frecuencia cardiaca. Balanza digital. Estadiómetro de pared. Espirómetro Cicloergómetro. Calorimetría indirecta. | 12 semanas de entrenamiento de baja intensidad. 3 grupos: uno UB, otro de control UB y el tercero de LB. UB y LB con entrenamiento de baja intensidad (40% VO2máx) 3 veces por semana. Antes y después de la intervención, se realizaron mediciones del metabolismo de las grasas en reposo y durante el ejercicio, la composición corporal y la capacidad aeróbica máxima. | El entrenamiento con ejercicios de baja intensidad aumentó el aporte de la oxidación de grasas al gasto energético total durante el ejercicio, pero no en reposo en mujeres obesas UB (parte superior). El entrenamiento físico no tuvo un efecto significativo sobre el metabolismo de las grasas en las mujeres obesas con LB (parte inferior). El entrenamiento con ejercicios de baja intensidad aumenta el aporte de la oxidación de grasas al gasto total de energía durante el ejercicio en mujeres obesas con UB pre menopáusicas, pero no en mujeres obesas con LB | Diseño experimental |
|------|---------------------------|-----------------|--|--|--|--|---------------------|

Fuente: La autora

Tabla 5. Resumen de revisiones / metaanálisis seleccionados

| AÑO | AUTORES | PAÍS IDIOMA | RESULTADO | TIPO DE ARTÍCULO |
|------|--|------------------|--|--|
| 2019 | Viana et al | Brasil/Inglés | <p>El HIIT y el entrenamiento continuo de intensidad moderada (MOD) proporcionan beneficios similares para la reducción del porcentaje de grasa corporal; sin embargo, el entrenamiento a intervalos proporciona mayores reducciones en la masa grasa absoluta total. La supervisión, caminar / correr / trotar, la edad, la calidad del estudio y la duración de la intervención parecen influir favorablemente en la disminución de la adiposidad corporal observada en los programas de entrenamiento a intervalos.</p> <p>En general, nuestros hallazgos sugieren que hay efectos similares del HIIT y MOD sobre el manejo del porcentaje de grasa corporal total (%) y la superioridad del HIIT para la reducción de la masa grasa absoluta (kg). Todavía no hay consenso sobre qué método de entrenamiento (HIIT / SIT vs MOD) es mejor para reducir la grasa corporal</p> | Revisión sistemática y Metaanálisis |
| 2019 | Mika et al. | Polonia/Inglés | <p>Un ejercicio prolongado contribuye a una disminución de la actividad de la lipoproteína lipasa y la reducción resultante de la absorción de ácidos grasos.</p> <p>Algunos estudios demostraron que el entrenamiento de resistencia de baja intensidad conduce a una oxidación máxima de lípidos, pero la evidencia disponible al respecto no es concluyente. El ejercicio físico estimula la lipólisis, disminuye la captación de ácidos grasos por los adipocitos, ejerce un efecto sobre la composición de ácidos grasos dentro del almacenamiento de triglicéridos.</p> | Revisión sistemática |
| 2019 | Gómez Piqueras Pedro y Sánchez González Marta. | España/Español | <p>El HIIT es válido y seguro para personas mayores de 60 años, se observan beneficios cardiovasculares, pulmonares, hemodinámicas y lípidos musculares. Provoca mejores resultados en relación a la presión sanguínea, el nivel de glucosa en sangre y disminución de la grasa visceral.</p> | Revisión Sistemática |
| 2018 | Boutcher Stephen H | Australia/Inglés | <p>Las hormonas que aumentan posteriores al entrenamiento HIIT, incluyen a las catecolaminas, el cortisol y la hormona de crecimiento. Durante la parte final la Resíntesis de ATP deriva principalmente de la degradación de los triglicéridos musculares y de la PCR (Fosfocreatina). La epinefrina aumenta la lipólisis y es altamente responsable de la liberación de grasa subcutánea e intramuscular.</p> | Revisión de tema |
| 2017 | Keating et al | Australia/Inglés | <p>Al agrupar los datos, no encontraron evidencia que respalde la superioridad de HIIT/SIT ((intervalos de velocidad) o MICT (Intensidad moderada) para la reducción de grasa corporal.</p> | Revisión sistemática y un metaanálisis |

| | | | | | |
|------|----------------------|------------------|--|--|--|
| | | | | <p>Sin embargo, al comparar los estudios que emplearon Intervenciones HIIT/SIT que incorporaron menos tiempo y/o menos gasto de energía que el MICT, había tendencia a favorecer al MICT para la reducción total de la grasa corporal.</p> | |
| 2016 | Cofré-Bolados et al | Colombia/Español | | <p>Plantean que el HIIT puede ser una propuesta de entrenamiento con aplicación clínica, pero se debe tener cuidado al pensar en su aplicación masiva, dado que no existe evidencia del HIIT como una estrategia de salud pública y los estudios que existen son fundamentalmente de eficacia y están limitados por el diseño, impidiendo definir su efecto a largo plazo.</p> | Revisión sistemática |
| 2016 | Jarillo Martí Daniel | España/ Español | | <p>El HIIT provoca adaptaciones positivas en variables fisiológicas relacionadas con oxidación de grasas. Promueve el aumento de la oxidación de grasas y la menor utilización de hidratos de carbono y glucógeno muscular. Se produce una mayor oxidación de grasas cuando el esfuerzo físico se desarrolla sobre un tapiz rodante debido a una mayor implicación muscular en comparación con el gesto de pedalear.</p> | Revisión bibliográfica |
| 2015 | Milanović et al | Serbia/Ingles | | <p>El entrenamiento de resistencia y el HIT generan grandes mejoras en el VO₂máx en adultos sanos, jóvenes y de mediana edad, es de destacar que las ganancias en el VO₂máx son mayores en el HIT en comparación con el entrenamiento de resistencia.</p> | Revisión sistemática y un metaanálisis |

Fuente: La autora

5. RESULTADOS

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada para la monografía, se encontró una diversidad de estudios donde comparan el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) y el entrenamiento aeróbico tradicional, de acuerdo con los sustratos energéticos utilizados, específicamente el metabolismo de las grasas.

La grasa es considerada no solo como una importante fuente energética sino también como un reservorio de energía para el organismo. La distribución de estos depósitos de grasa está influenciada por diferentes factores tales como: el sexo, etnia, genética, entre otros. Los principales depósitos de grasa en el organismo se encuentran en diferentes niveles: subcutánea de extremos corporales inferiores y superiores, la intramuscular que se encuentra en menor proporción entre las fibras musculares y la intraabdominal o intravisceral; esta última, está asociada con alteraciones fisiológicas tales como el elevado riesgo de desarrollar resistencia a la insulina y la aterosclerosis (acumulación de grasa dentro y sobre las paredes arteriales) así como también, se ha visto relacionada con el incremento en el índice de mortalidad (Bello-Chavolla, O. 2018).

En los últimos años se han realizado múltiples investigaciones (diseños y estudios experimentales, cuasi-experimentales) y revisiones (sistemáticas, metaanálisis, búsquedas bibliográficas, de tema, etc.) para determinar la efectividad del entrenamiento a diferentes intensidades y tiempos de ejecución con el fin de establecer los beneficios sobre la resistencia cardiovascular, el VO₂máx, resistencia a la insulina, rendimiento físico y la oxidación de la grasa, tema fundamental para la revisión que fue realizada.

A través de la revisión bibliográfica y análisis de la información encontrada en la literatura científica, son múltiples los hallazgos debido a la heterogeneidad de las poblaciones intervenidas, a los protocolos trabajados y el hecho que en algunas de ellas se trabajó solo un tipo de entrenamiento (HIIT o aeróbico de baja intensidad) y en otras se realizó un análisis comparativo a diferentes intensidades.

En un estudio realizado por Molina, C, et al en el 2016 sobre una población tanto de hombres como mujeres entre los 18 y 67 años de edad, a través de un entrenamiento HIIT de 1 mes, se obtuvieron resultados significativos en el aumento de la masa muscular, mejoras en la capacidad aeróbica y reducción de masa grasa corporal, Los resultados encontrados en esta última variable son similares a un estudio cuasi –experimental realizado durante tres semanas en jóvenes universitarios donde las diferencias antropométricas fueron muy notorias (Yépez Albuja, 2017), (Viñuela García et al 2016)(Gómez y Sánchez, 2019)(Jarillo, 2016)(Milanović et al, 2015) Adicionalmente, en un estudio publicado ese mismo año por Moris & Floody usó un analizador de gases para determinar la cantidad de ácidos grasos y carbohidratos utilizados y se indicó que son los ácidos grasos el sustrato utilizado en este tipo de entrenamiento. Esta investigación está en acuerdo con la realizada por Sáez-Olivares et al (2019) la cual indica que existe una correlación directa en el aumento de la oxidación de grasas con el aumento de la frecuencia cardiaca, la cual se logra en un ejercicio de intensidad incremental. Boutcher en su revisión de tema señala que en la etapa post-entrenamiento se produce un aumento hormonal, incluidas las catecolaminas, la epinefrina, lo cual resulta en una mayor degradación de triglicéridos musculares, fosfocreatina y aumento de la lipólisis (Boutcher, 2018).

En cuanto al consumo de oxígeno y el gasto energético, se han encontrado evidencias que han relacionado estos sistemas junto con la oxidación de las grasas.

Revueltas Casterás en el año, 2017 bajo un estudio cuasi –experimental de dos

semanas de entrenamiento HIIT en estudiantes universitarios, también noto diferencias significativas en datos antropométricos, en el VO₂máx, potencia aeróbica máxima (Tabata et al, 2014) y en el caso de la prueba FatMax, 24 horas posteriores al ejercicio, mostró un aumento en el gasto energético, lo que nos indica que este tipo de entrenamiento tiene mayor efecto EPOC (exceso de consumo de oxígeno post ejercicio) el cual es un factor relevante en la pérdida de grasa durante el estado de reposo del individuo en el proceso de recuperación (Marchante, 2015). Este hallazgo está en contraposición a lo descubierto en el 2013 por Kelly y su grupo de investigación, los cuales encontraron que este aumento notable en el gasto energético solo se da dentro de la primera hora posterior al ejercicio, es decir es transitoria y de pequeña magnitud, lo que indicaría que el impacto del ejercicio de alta intensidad sobre el balance energético puede estar determinado por alteraciones en la tasa metabólica solamente durante la ejecución del ejercicio y no en reposo, lo cual fue ratificado por Tucker, quien en un estudio cruzado aleatorio comparó el HIIT, el entrenamiento continuo y el intervalado de velocidad, los dos primeros no mostraron gran diferencia en el gasto energético total, pero si lo hizo el de intervalo de velocidad, sin embargo, dada su máxima exigencia, su utilidad fue limitada por ser poco tolerada por los participantes, a pesar de ser hombres jóvenes (Tucker et al, 2016). Aunque existen diferencias en estos resultados, es de destacar que otros estudios indican que el entrenamiento de intervalos produce adaptaciones musculo-esqueléticas, mejoran el control glucémico, la sensibilidad de la insulina (Gibala et al, 2006), un posible aumento de la capacidad muscular oxidativa de ácidos grasos y la función y capacidad cardiovascular aeróbica y anaeróbica (Cazares Flores, H. G, 2019), igualmente se aumentan las proteínas transportadoras de los ácidos grasos (Perry et al, 2008) y se dan mejores resultados a largo plazo (Moholdt et al, 2009).

En cuanto al entrenamiento de resistencia e intensidad moderada, hay fuerte evidencia que demuestra que favorece la oxidación de la grasa. Ulloa y su grupo,

realizaron un diseño experimental multigrupo con hombres jóvenes, utilizaron ocho semanas de entrenamiento con diferentes intensidades demostrando que el entrenamiento de resistencia en general, mejora la oxidación de las grasas, el ejercicio de larga duración a baja intensidad comprueba efectivamente que hay una mayor oxidación de grasa, la cual se va incrementando en la medida en que la intensidad se eleva hasta alcanzar aproximadamente un 70% del VO₂máx. Al sobrepasar el 85% desciende dicha oxidación y el máximo se logró en entrenamientos de carrera continua extensiva, es decir, que durante ejercicios de baja intensidad la tasa de oxidación de grasas es mayor comparado con el HIIT (Ulloa, et al, 2015), lo anterior reforzó el trabajo realizado por Keating y su grupo los cuales proporcionaron la primera evidencia directa de que el ejercicio aeróbico continuo reduce la grasa corporal total y la grasa androide (acumulada en la zona abdominal) en adultos que tenían sobrepeso y eran anteriormente inactivos (Keating et al, 2014) (Nybo et al, 2010).

Cuando el entrenamiento aeróbico de resistencia se realiza en un tiempo prolongado, el organismo se adapta al trabajo generando un incremento del metabolismo. Erik Kirk y su grupo, en el 2009, encontraron que después de 6 meses de entrenamiento de resistencia, el gasto de energía posterior al cese de la actividad se encontraba más elevado, lo que tiene un impacto significativo en la oxidación de la grasa diaria y en la composición corporal con un aumento de masa libre de grasa. Sin embargo, en población con obesidad estos resultados pueden ser variables. Van Aggel-Leijssen D et al, observó que después de 12 semanas con entrenamiento de baja intensidad en mujeres, se dio un resultado diferencial de acuerdo con el tipo de obesidad que presentaban. Si la grasa se encuentra ubicada principalmente en el tronco superior, la oxidación de grasas aumentó el gasto energético total durante la ejecución del ejercicio, pero no en reposo, y en la obesidad de extremo corporal inferior el entrenamiento no tuvo un efecto significativo sobre el metabolismo de las grasas. En el caso de los varones, se observó una mayor oxidación de grasa (en

ácidos grasos no plasmáticos) durante el ejercicio, pero no en estado de reposo, a su vez no se pudo demostrar ningún efecto del entrenamiento con ejercicios de alta intensidad sobre la oxidación de grasas, esto parece apuntar a una tasa reducida de lipólisis del tejido adiposo en este grupo, igualmente sugieren que es preferible el entrenamiento de baja intensidad dado que hay menos riesgo de lesiones musculoesqueléticas y una mejor adaptación al ejercicio (Van Aggel-Leijssen, D. et al, 2002). En el caso de los adolescentes, un estudio de 2 meses realizado en la ciudad de Cáceres (España), mostró que el entrenamiento continuo realizado en las clases de educación física, no impidió el aumento de la masa grasa, lo que sí lo logró controlar, fue el entrenamiento de intervalos (Camacho et al, 2016).

Estudios realizados a nivel nacional también han encontrado evidencia relacionada con el entrenamiento a diferentes intensidades, en el uso de los sustratos energéticos. Un ensayo clínico realizado en la ciudad de Medellín, con 40 personas mostró que el entrenamiento HIIT no es superior al entrenamiento continuo de intensidad moderada en la mejora del VO_{2max} , sugieren que es necesario realizar estudios adicionales para verificar estos beneficios e igualmente mirar la viabilidad del entrenamiento HIIT frente a las limitaciones musculoesqueléticas y la tolerancia al ejercicio (Arboleda Serna et al, 2019), además se hace necesario controlar las variables de la dieta, estado hormonal, patrones de sueño, estado anímico, que pueden afectar los resultados (Viana et al, 2019). Dado que el HIIT como se planteó en sus inicios, exige más del 100% de la FC_{max} , implica una actividad de máximo esfuerzo que puede ser no apta para personas no entrenadas, pues tiene mayor riesgo de lesiones (Tibana et al, 2018) y no se debe recomendar como estrategia de salud pública (Cofré et al, 2016), a lo largo de los años, han surgido adaptaciones a este tipo de entrenamiento, sin embargo, no hay información clara sobre el impacto de estos protocolos sobre el gasto energético durante o después del ejercicio (Kelly, et al, 2013)(Keating et al, 2017).

6. CONCLUSIONES

La actividad físico-deportiva incentiva la lipólisis, disminuye la captación de ácidos grasos por los adipocitos, lo cual ejerce un efecto sobre la composición de ácidos grasos dentro del almacenamiento de triglicéridos, si el ejercicio es de alta intensidad, se aumenta la producción de catecolaminas, se degradan los triglicéridos musculares y la epinefrina aumenta la lipólisis, la cual libera la grasa subcutánea e intramuscular.

La oxidación de las grasas se va aumentando de manera progresiva a la par que aumenta la intensidad del ejercicio, según algunos estudios pasado el 80% de VO₂máx, esta oxidación disminuye, pero si dicha intensidad es submáxima se genera una adaptación que incluye mayor contenido de proteínas transportadoras de ácidos grasos.

Tanto el entrenamiento HIIT como el continuo han demostrado beneficios en el uso de la grasa en los procesos metabólicos, pero no existe una evidencia clara que alguno de ellos sea más eficiente en este proceso.

7. RECOMENDACIONES

La revisión de esta monografía permitió encontrar una amplia variedad de artículos de revisión y experimentales que evidenciaron literatura controversial acerca del uso de las grasas en los procesos metabólicos, teniendo en cuenta que en muchos textos argumentan que el HIIT aumenta la oxidación de grasas durante y después del ejercicio, y otros le dan este beneficio al entrenamiento moderado de baja intensidad, el cual además no genera riesgo osteoarticular.

Por ello se hace necesario realizar más estudios que comparen la oxidación de la grasa a diferentes intensidades, con protocolos bien establecidos, controlando diferentes variables tales como alimentación, actividad complementaria, condiciones de salud, y realizadas a largo plazo, lo cual garantizará resultados más confiables.

El ejercicio intermitente de alta intensidad ha sufrido variaciones en los últimos años, que van desde un 80% hasta por encima del 100% del VO₂máx, limitando la población que pueda tener las condiciones para su práctica y las posibles sobrecargas osteoarticulares que esto pueda generar, por ello se hace necesario definir cuáles son los objetivos esperados, la población a la que está dirigida, para que los profesionales de la actividad física planifiquen su entrenamiento.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello-Chavolla, O. (2018) Fisiología del tejido adiposo.
https://www.researchgate.net/publication/329374990_Fisiologia_del_Tejido_Adiposo

Benito Peinado, P. J. (2013). High Intensity Interval Training (HIIT) y su aplicación a la pérdida de peso. Gym Factory Magazine Entrenadores, 53.
<http://gymfactorymagazine.blogspot.com/2013/10/hight-intensity-interval-training-hiit.html>

Billat L V. (2001) Entrenamiento a intervalos para el rendimiento: una práctica científica y empírica: recomendaciones especiales para la carrera de media y larga distancia. Parte I: entrenamiento aeróbico por intervalos. Sport Med, 31(1): 13-31.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00002>

Boutcher, S. (2018). Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad y Pérdida de Grasa. Revista de Educación Física, Faculty of Medicine. University of New South Wales, 36(4), 10-15. <https://g-se.com/ejercicio-intermitente-de-alta-intensidad-y-perdida-de-grasa-1500-sa-657cfb2721f416>

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. Sports medicine, 43(10), 927-954. doi: 10.1007/s40279-013-0066-5

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2017). Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad, Soluciones para el Puzle de la Planificación Parte 1: Énfasis Cardiopulmonar-International Endurance Group. PubliCE. <https://g-se.com/entrenamiento-intervalado-de-alta-intensidad-soluciones-para-el-puzle-de-la-planificacion-parte-1-enfasis-cardiopulmonar-2327-sa-o59ef51a6db780>

Cappa, F D. (2013). Utilización de grasas durante el ejercicio aeróbico continuo. <https://g-se.com/utilizacion-de-grasas-durante-el-ejercicio-aerobico-continuo-bp-k57cfb26d2e077>

Cazares Flores, H. G. (2019). Efecto de un programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad en el índice de masa corporal de adolescentes mexiquences. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/104952>

Chicharro, J. L., & Mojares, L. M. L. (2008). Fisiología clínica del ejercicio. Ed. Médica Panamericana.

Cofré-Bolados, C., Sánchez-Aguilera, P., Zafra-Santos, E., & Espinoza-Salinas, A. (2016). Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. Universidad Industrial de Santander Salud, 48(3), 275-284. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072016000300002

Coyle, E. F. (1998). Oxidación de las Grasas Durante el Ejercicio: Rol de la Lipólisis, Disponibilidad de Ácidos Grasos Libres, y Flujo Glucolítico-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. PubliCE. <https://g-se.com/oxidacion-de-las-grasas-durante-el-ejercicio-rol-de-la-lipolisis-disponibilidad-de-cidos-grasos-libres-y-flujo-glucolitico-978-sa-k57cfb271a7bba>

De la Nación, A. G. (2015). *Cero papeles en la administración pública: guía no. 1*. Recuperado de https://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-8257_papel_buenaspracticass.pdf

Decreto 1670. (2019, 12 septiembre). *Función Pública*. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/web/eva>.

Directiva Ministerial 04. (2012, 3 abril). *mintic.gov.co*. Recuperado de https://mintic.gov.co/portal/604/articles-3647_documento.pdf

Gómez-Piqueras Dr, P., & Sánchez-González Lic, M. (2019). Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT) en adultos mayores: una revisión sistemática. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 17(1), 145-165. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-44362019000100145&script=sci_arttext

Hernández, A. (2017). Oxidación de las grasas en disciplinas HIIT. <https://albertohernandez.es/2017/11/13/oxidacion-de-las-grasas-en-disciplinas-hiit/>
Hernández, A. (2017). Relación entre oxidación lipídica e intensidades en la actividad física. <https://albertohernandez.es/2017/10/23/utilizacion-de-los-lipidos-en-el-entrenamiento-cardiovascular/>

Hormazábal, M. A., Floody, P. D., Mariqueo, L. C., Lepelegy, N. T., Becerra, P. B., Mancilla, C. S., & Quezada, S. R. (2016). Efectos de 8 semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre los niveles de glicemia basal, perfil antropométrico y VO₂ máx de jóvenes sedentarios con sobrepeso u obesidad. *Nutrición Hospitalaria*, 33(2), 284-288. http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v33n2/15_original13.pdf

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Hulston, C. J., Venables, M. C., Mann, C. H., Martin, C., Philp, A., Baar, K., & Jeukendrup, A. E. (2010). Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(11), 2046-2055. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181dd5070

Jarillo, D. (2017). Efecto del entrenamiento intermitente de alta intensidad (EAAI) sobre la oxidación de grasas (tesis de grado). Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España.
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4048/1/TFG%20Jarillo%20Marti%2C%20Dani%20.pdf>

Ley 181. (1995). Ministerio del Deporte.
https://www.mindeporte.gov.co/coldeportes/sistema_nacional_deporte#:~:text=El%20Sistema%20Nacional%20de%20Deporte,del%20tiempo%20libre%2C%20la%20educaci%C3%B3n

López Chicharro, J., & Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio* (3era ed.) [Libro electrónico]. Editorial Médica Panamericana.
<http://fisico.uta.cl/documentos/fisiologia/Fisiolog%C3%ADa%20del%20Ejercicio,%20L%C3%B3pez%20Chicharro.pdf>

Martín, F. (2016). HIIT aplicaciones prácticas.
https://www.researchgate.net/publication/305032124_HIIT_aplicaciones_practicas#citations

Mascareñas, P. (2006). *Actúa: consejos para una vida sostenible*. Greenpeace. Recuperado de <https://www.economiasolidaria.org/wp-content/uploads/2020/06/guia-de-consumo-actua.pdf.pdf>

Moholdt, T. T., Amundsen, B. H., Rustad, L. A., Wahba, A., Løvø, K. T., Gullikstad, L. R., ... & Slørdahl, S. A. (2009). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *American heart journal*, 158(6), 1031-1037.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002870309007753>

Molina, C., Cifuentes, G., Martínez, C., Mancilla, R., & Díaz, E. (2016). Disminución de la grasa corporal mediante ejercicio físico intermitente de alta intensidad y consejería nutricional en sujetos con sobrepeso u obesidad. *Revista médica de Chile*, 144(10), 1254-1259.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872016001000003

Moris, R., & Floody, D. (2020). High intensity interval training increases the utilization of fatty acids in subjects with overweight or obesity. A randomized study. *Nutrición hospitalaria*. <https://europepmc.org/article/med/32406746>

Oreña, P. d. (2018). Análisis de Valor de un Gimnasio de Sevilla. Trabajo Fin de Grado. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91987/fichero/TFG-1987-+DE+TENA.pdf>

República, C. d. (1995). Ley 181. Bogotá, Colombia.

República, P. d. (3 de abril de 2012). Directiva Presidencial N° 04. Bogotá DC, Colombia.

Revueltas Casterás, P. (2017). Efecto agudo del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la oxidación de grasas y el metabolismo basal en reposo 24 horas después de la sesión.

http://193.147.134.18/bitstream/11000/4130/1/Revueltas%20Casteras%2C%20Pablo_TFM.pdf

Sáez-Olivares, S., Pino-Zúñiga, J., Olivares-Gálvez, M., & Cancino-López, J. (2019). Máxima oxidación de grasa mediante variabilidad de la frecuencia cardiaca en sujetos físicamente activos. *Apunts. Educación física y deportes*, 4(138), 111-112.

Spriet, L. L. (2011). Metabolic regulation of fat use during exercise and in recovery. *Nestlé. Nutrition Institute Workshop Series*, 69(1), 39–53. doi: 10.1159/000329281

Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Efectos de la resistencia de intensidad moderada y el entrenamiento intermitente de alta intensidad sobre la capacidad anaeróbica y el VO (2 máx.). *Medicina y ciencia en el deporte y el ejercicio*, 28(10), 1327-1330.
https://www.researchgate.net/publication/14310387_Effects_of_moderate-intensity_endurance_and_high-intensity_intermittent_training_on_anaerobic_capacity_and_VO2max

Tijona, A E., Lee, S., Rognmo, O., Robado, T., (2008). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: A pilot study.
<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1161%2FCIRCULATIONAHA.108.772822>

Ulloa, D., Feriche, B., Barboza, P., & Padial, P. (2015). Estudio comparado de la intensidad de entrenamiento sobre la máxima tasa de oxidación de grasas. *Nutrición hospitalaria*, 31(1), 421-429.
<http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/47originaldeporteyejercicio04.pdf>

Viana-Montaner, B. H., & Gómez-Puerto, J. R. (2012). Estimación del gasto energético en actividades de corta duración y alta intensidad. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(4), 147-155.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754612700230>

Villaquiran-Hurtado, A. F., Velasco, S. J. J., Chantre-Ortega, L. A., Mueses-Tapue, L. J., Ramos-Valencia, O. A., & Salazar-Villamarin, C. I. (2020). Entrenamiento intermitente de alta intensidad versus continuo en mujeres con hipertensión. *Avances en Enfermería*, 38(2).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-45002020000200202&lang=es

Viñuela García, M., Vera Ibáñez, A., Colomer Poveda, D., Márquez Sánchez, G., & Romero Arenas, S. (2016). Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes. *Nutrición hospitalaria*, 33(3), 637-643. http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v33n3/20_original19.pdf

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Fisiología a Del Esfuerzo Y Del Deporte*. editorial Paidotribo. Recuperado de https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=QOM901Sb8G0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=fisiolog%C3%ADa+del+esfuerzo+y+del+deporte+&ots=cdxCEXRngl&sig=M7NP4w7F_9BZkUewd6DxXoWjzAM#v=onepage&q=fisiolog%C3%ADa%20del%20esfuerzo%20y%20del%20deporte&f=false

Yépez Albuja, S. R. (2017). Efectos del High Intensity Interval Training sobre la oxidación de las grasas e hidratos de carbono. http://193.147.134.18/bitstream/11000/4136/1/Yepes%20Albuja%2C%20Raquel%20Soraya_TFM.pdf

Zussa, D. (2017). Metabolismo de las grasas, diferentes modos de programación del ejercicio y sus efectos en la composición corporal (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación). <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1385/te.1385.pdf>