

Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio

High intensity aerobic interval training: history and clinical exercise physiology

Cristian Cofré-Bolados^{1,2}, Pablo Sánchez-Aguilera¹, Edson Zafra-Santos¹, Alexis Espinoza-Salinas¹

Forma de citar: Cofré-Bolados C, Sánchez-Aguilera P, Zafra-Santos E, Espinoza-Salinas A. Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. Rev Univ Ind Santander Salud. 2016; 48(3): 275-284. DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v48n3-2016001> 

RESUMEN

La transición epidemiológica observada en las últimas décadas ha implicado un aumento creciente de enfermedades crónicas, fenómeno asociados con el estilo de vida de la población, al modelo alimentario y al sedentarismo, lo que predispone a la obesidad y a la resistencia a la insulina, condicionando patologías cardio metabólicas como la hipertensión arterial y la dislipidemia, favoreciendo el desarrollo del síndrome metabólico. El tratamiento consiste en el manejo farmacológico, mejoras en los hábitos alimentarios y la incorporación de la actividad física a la rutina diaria. Tradicionalmente los programas de ejercicio están orientados a un método aeróbico para mejorar los parámetros alterados. Sin embargo, actualmente han surgido nuevas estrategias de intervención como el entrenamiento interválico de alta intensidad, que ha evolucionado como un modelo de intervención eficaz, con real impacto en el estado de salud de la población. El objetivo de esta revisión es entregar una mirada histórica y actualizada del ejercicio interválico de alta intensidad, de su impacto en la población y de las adaptaciones fisiológicas que respaldan su uso como herramienta terapéutica.

Palabras claves: Entrenamiento aeróbico interválico de alta intensidad, síndrome metabólico, prescripción de ejercicio.

ABSTRACT

The epidemiological transition observed in recent decades has led to a continuous increase in chronic non communicable diseases, phenomenon associated with the lifestyle of the population, the dietary pattern and physical inactivity, which predisposes to obesity and insulin resistance, conditioning cardiometabolic disease such as hypertension and dyslipidemia, allowing the development of metabolic syndrome. The treatment consists of pharmacological management, improving dietary habits and the incorporation of physical activity into the daily routine. Traditionally exercise programs are oriented to aerobic methods for improving altered parameters. New intervention strategies such as high-intensity interval training have been developed, which has evolved as a model of effective action, with a real positive impact on the health status of the population. The objective of this review is to provide a historical and updated look of high-intensity interval exercise, its impact on the population and physiological adaptations that support its use as a therapeutic tool.

Keywords: High Intensity Interval Training, metabolic syndrome, exercise prescription.

1. Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.

2. Universidad de Santiago

Correspondencia: Alexis Espinoza. Dirección: ejército 146, Santiago, Chile. Correo electrónico: alexisespinozasa@santotomas.cl. Teléfono: + 56 2471 7674

INTRODUCCIÓN

En gran parte de Latinoamérica, como en muchos países en vías de desarrollo se experimenta una transición demográfica, con un aumento creciente de la longevidad poblacional, la cual se asocia a bajos niveles de calidad de vida, fundamentalmente por mayor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT)¹. Según la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2009 el riesgo cardiovascular moderado, moderado alto, alto y muy alto sumados alcanzan el 46% de la población nacional, debido a la alta prevalencia de factores de riesgo tales como aterosclerosis, hipertensión, diabetes mellitus y el Síndrome Metabólico (SM). El SM constituye una serie de factores de riesgos cardiovasculares que se caracterizan por altos niveles de grasa abdominal, resistencia a la insulina, bajo niveles de lipoproteínas de alta densidad y triglicéridos elevados, favoreciendo el desarrollo de diabetes mellitus tipo II (DMII)². A los criterios mencionados se suman los altos índices de sedentarismos que presenta la población actual³.

La presencia de factores de riesgo cardiovasculares son una amenaza para la salud, teniendo un impacto negativo en la calidad de vida y sobrevida. Se ha observado que altos niveles de consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) (que en la práctica se utiliza como VO_{2peak}) disminuyen el impacto negativo de otros conocidos factores de riesgos coronario como la hipertensión, tabaquismo, sobrepeso e incluso la presencia de cardiopatías^{4,5}. Desde el punto de vista clínico, la ciencia ha demostrado que el desarrollo de actividad física regular se correlaciona directamente con un aumento en el VO_{2max} y la capacidad funcional⁶. Respaldando estos hallazgos Moore, et al. el 2012 realizaron un estudio en diversas cohortes poblacionales, con un total de 650 mil individuos con edad entre 21 y 90 años, encontrando una relación positiva entre la actividad física regular y la expectativa de vida⁷. Es así que el VO_{2max} se constituye como un valioso indicador de salud y rendimiento físico, consolidando la importancia del ejercicio aeróbico regular en las diferentes etapas de la vida.

Cuando el envejecimiento se acompaña con un estilo de vida activo existe una marcada reducción de la tasa de mortalidad y una disminución proporcionalmente menor del VO_{2max} relativo a la edad⁸. Poseer un VO_{2max} o una condición aeróbica reducida en términos absolutos o relativos a edad, sexo y peso, no solamente disminuye la capacidad funcional y perjudica el desempeño físico, sino que además provoca un impacto negativo sobre la tasa de mortalidad en los años siguientes⁸. Es probable que ninguna variable biológica posea tanta relevancia en términos de salud como lo es el VO_{2max} .

A medida que envejecemos las Enfermedades Cardiovasculares (ECV) y las arritmias son cada vez más comunes, incrementándose las disfunciones del sistema nervioso autónomo (SNA) y por ende de la actividad electrofisiológica del corazón⁹. Los adultos mayores presentan anormalmente una disminución de la función del SNA y altos niveles de biomarcadores inflamatorios circulantes. El aumento de la grasa corporal, las disfunciones autonómicas y la inflamación crónica son factores de riesgo interrelacionados, que están implicados en la etiología de enfermedades como la DMII, hipertensión arterial, aterosclerosis y otras ECV¹⁰.

Actualmente en Latinoamérica y en el mundo existe un fuerte enfoque de tratamiento y prevención en la población de todas las edades, dando énfasis en la identificación y reducción de los factores de riesgo modificables que predisponen al desarrollo de ECNT¹¹. En este contexto el tratamiento está orientado a un manejo farmacológico conducente al control de la sintomatología de cardiopatías y la DMII, además de generar recomendaciones internacionales para establecer cambios en los hábitos alimentarios e incorporar actividad física a la rutina^{12,13}.

Las recomendaciones establecidas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte indican un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física aeróbica moderada, o bien un mínimo de 75 minutos semanales de actividad aeróbica vigorosa, o una combinación equivalente de actividad moderada y vigorosa¹⁴. Sin embargo, el método continuo de moderada intensidad resulta en un mecanismo de preparación para la resistencia aeróbica, que se caracteriza por la realización de esfuerzos de intensidad media correspondiente al 50-70% frecuencia cardíaca máxima¹⁵. Históricamente los programas de ejercicio en modalidad aeróbica continua y posteriormente el de fuerza, han sido utilizados como los principales métodos de intervención no invasiva para mejorar los parámetros de Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC) y disminuir el riesgo de padecer una ECV. Se ha demostrado que la combinación de ambos protocolos de ejercicio es la vía más efectiva para alcanzar resultados beneficiosos para la salud¹⁶.

Como evidenciamos anteriormente el ejercicio de forma regular está asociado con adaptaciones positivas sobre la composición corporal, fitness, niveles de citoquinas inflamatorias e índices de VRC⁹, esto último reflejado en un aumento de la modulación vagal y una reducción de la actividad del Sistema Nervioso Simpático (SNS)^{9,10}. Esta modificación del balance autonómico favorece la activación del Sistema Nervioso Parasimpático (SNP),

asociándose a una disminución de la inflamación crónica por descarga colinérgica, suprimiendo la síntesis y liberación de citoquinas pro-inflamatorias¹⁰. Debido al mayor riesgo que presentan los adultos mayores de desarrollar alteraciones en la VRC y de padecer eventos cardiovasculares, es que ha sido muy difícil establecer la dosificación de la actividad física en este grupo etario⁹.

En los últimos años han resurgido metodologías de entrenamiento que eran utilizadas a inicios del siglo pasado para entrenar a deportistas de alto rendimiento, nos referimos al denominado entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT en sus iniciales en inglés). Este método de entrenamiento ha emergido como una nueva estrategia terapéutica, que ha demostrado ser eficaz en la mejora del estado físico asociado a la salud en población adulta¹⁷.

Desarrollo histórico del HIIT

Es difícil definir un origen del entrenamiento intervalado o interválico, con seguridad algunas formas de entrenamiento del deporte griego contenían estos elementos (combinación secuencial de trabajo y pausa), las mismas artes marciales milenarias tienen elementos de ataque-defensa, donde después de un ataque se regresa a posiciones de defensa para la recuperación. Resumiendo, recopilaciones históricas contemporáneas presentados por Brandao¹⁸, podemos decir que existen datos que indican que ya en el año 1850 algunos entrenadores de Estados Unidos entre estos Lawson Robertson y Dean Cronwell realizaban entrenamientos divididos en tramos de alta velocidad y otros tramos usados como recuperación orgánica. En ese tiempo no existía una clara sistematización del entrenamiento de intervalos, por lo tanto, estas formas representaban algunas propuestas instintivas sin mucha claridad en los objetivos y efecto deseado¹⁸.

Otras versiones históricas indican el origen del entrenamiento intervalado en la escuela finlandesa de entrenamiento deportivo. Habría sido el entrenador Lauri Pihkala que por el año 1912 desarrolló el sistema finlandés de entrenamiento. Sus deportistas recorrían, cuatro y hasta cinco veces distancias de 100 y hasta 200 metros, con esfuerzos intensos y pausas de varios minutos. Esto genera la idea que Pihkala fue el creador del entrenamiento interválico. El método de Pihkala presentaba algunas características: Inclusión de entrenamiento de velocidad para fondistas y medio fondistas; carreras cortas e intensas, alternadas con intervalos más largos para recuperación;

incremento tanto en cantidad como en calidad de los entrenamientos¹⁹.

Otros historiadores del entrenamiento como Buchheit, et al.²⁰ afirman que en los años 1920 el premio Nobel A.V. Hill incluyó el entrenamiento intervalado en sus experimentos relacionados al esfuerzo muscular. En esta época el corredor finlandés Pavo Nurmi comenzó a usar el entrenamiento intervalado corto, por ejemplo, seis pasadas de cuatrocientos metros en sesenta segundos, con velocidad de 24 kilómetros por hora, dentro de una corrida lenta de diez y hasta 20 kilómetros realizados en florestas.

En el año 1936, el fisiólogo Alemán Woldemar Gerschler, propuso un sistema de entrenamiento intervalado, el cual se realizaba en pistas de atletismo, con alternancias entre corridas largas y cortas con control de tiempos. Gerschler, en 1939 en la ciudad de Friburgo, usa esta metodología en el atleta Harbig, consiguiendo superar el record mundial de 400 y 800 metros²¹. Por otro lado, también en los años 1930, el cardiólogo Alemán Herbert Reindell, usó corridas cortas, intercaladas con pausas de descanso, observando en sus pacientes el desarrollo de hipertrofia cardíaca y aumento del débito cardíaco, así como una mejora en el consumo de oxígeno²².

En razón a los últimos datos entregados podemos sugerir que el entrenamiento intervalado científico surge de la interacción particular del deporte de rendimiento con la medicina, usando el ejercicio como factor común y como resultado de la colaboración de un médico con un entrenador¹⁸.

En base a este contexto histórico, Billat²³ menciona que la primera publicación de un artículo científico sobre entrenamiento intervalado data de 1959, correspondiente a la autoría de Reindell y Roskamm²⁴. La segunda publicación tendría referencia de 1962, con autoría de Reidell, Roskamm y Gerschler²⁵. Estos pioneros describen cuidadosamente sus metodologías de entrenamiento intervalado: Con distancias de carrera de 100 a 200 metros como máximo, el número de repeticiones puede llegar hasta 100, el intervalo de pausa entre esfuerzos no supera el tiempo de un minuto, con una acción de caminar o trotar (pausa activa).

Se menciona también como responsable de la fundamentación fisiología inicial del entrenamiento intervalado al Fisiólogo Sueco Per Olof Astrand y su discípula Irma Ryhming (posteriormente Irma Astrand). En el año 1967 Astrand y su colega también Sueco Bengt Saltin²⁶, publican datos de consumo máximo de

oxígeno de varios atletas que usaban la metodología de entrenamiento intervalado, ellos publicaron el mayor valor de consumo de oxígeno registrado hasta ese momento en un corredor: 82 ml/kg/min²³. Hasta el fin de los años 60 es Europa el único lugar donde se investiga sobre el ejercicio intervalado (HIIT), pero es precisamente a fines de los 60 donde el Fisiólogo Norte Americano Fox, realiza varios estudios sobre este método de entrenamiento en el contexto militar²⁷. En los años 80 se registran excepcionales marcas de corredores olímpicos que utilizaron el entrenamiento interválado, tales como: Sebastián Coe y Said Aouita²³.

HIIT y Salud

La gran pregunta a esta altura era si el entrenamiento intervalado podría ser aplicado en población “no deportista” (sedentarios, portadores de alguna enfermedad, etc.). Esta pregunta toma fuerza en los años posteriores a 1990, pues en esta población predominaba la práctica de ejercicio continuo de intensidad submáxima, a través de las referencias de los estudios de Hollows²⁸ donde se demostró que las enzimas oxidativas aumentaban con carrera continua realizada en cinta rodante por ratas. También se debe considerar que en esa época la tecnología era muy limitada para el estudio del metabolismo anaeróbico. Estas condiciones sumadas a la explosión mundial del ejercicio aeróbico de baja y moderada intensidad (Jogging), liderado por las investigaciones del médico Norteamericano Kenneth Cooper²⁹⁻³¹, derivó en una amplia orientación mundial hacia el ejercicio de moderada y baja intensidad de amplio volumen como la prescripción de ejercicio para conseguir salud cardiovascular.

A mediados de la década del 90 se comienza a recopilar mayor evidencia, para iniciar una amplia discusión sobre el rol del método intervalado en salud. Tabata, et al.³² realizaron un estudio que presentó el entrenamiento intervalado de alta intensidad en población no deportista, aplicado sobre catorce sujetos no entrenados, divididos en dos grupos de siete, usando dos modelos que se querían comparar, ambos realizados en bicicleta ergométrica:

- 1) Entrenamiento de sprint de alta intensidad: siete a ocho series, cada serie de 20 segundos, con intensidad de entrenamiento de 170% del $VO_{2\max}$. Con 10 segundos de intervalo entre las series, realizado cinco días a la semana, durante seis semanas.
- 2) Protocolo de entrenamiento submáximo continuo: 70% del $VO_{2\max}$ por 60 minutos, cinco días por semana, durante siete semanas.

Como conclusión se observaron aumentos en el $VO_{2\max}$ del 15% en el grupo de entrenamiento intermitente de alta intensidad v/s un 9,4% en el grupo de ejercicio continuo de moderada intensidad. Además de un incremento del 28% de la capacidad anaeróbica en el grupo de alta intensidad, sin cambio en el grupo de moderada intensidad. Así como la alta intensidad requirió mucho menos tiempo de entrenamiento³².

De esta manera desde los años noventa y hasta nuestros días hemos podido conocer muchos trabajos que vinculan los ejercicios intermitentes de alta intensidad (HIIT) con la salud cardiometabólica, destacando los trabajos de Gibala³³, los que muestran que el entrenamiento intervalado realizado principalmente en cinta rodante y bicicletas ergométricas, mejora la potencia aeróbica y factores anaeróbicos, influye en la composición corporal hacia una constitución saludable y disminuye la resistencia a la insulina, entre otros beneficios y efectos sobre marcadores biológicos de salud.

Resumiendo, este método consiste en cortos pero intensas series de ejercicio intercalados con breves periodos de pausa activa o pasiva³⁴⁻³⁶. La evidencia actual del impacto de este tipo de entrenamiento sobre la salud respalda la idea de que el HIIT es un método que tiene variados beneficios para la salud, presentando como principal ventaja el corto periodo de tiempo que se necesita para completar el entrenamiento, requiriendo un mínimo de equipamiento y adaptaciones físicas.

Adaptaciones fisiológicas de HIIT

El HIIT es un método que bajo el modelo trifásico de Skinner, se encuentra en la última fase por sobre el umbral anaeróbico y ventilatorio II (80-85% $VO_{2\max}$)³⁷, encontrando adaptaciones centrales asociadas a una activación simpática-adrenal, y mejoras cardiovagales. El HIIT produce iguales o mayores ganancias cardiometabólicas en el corto plazo en comparación al ejercicio aeróbico continuo³⁵, presentando una percepción del esfuerzo menor, menores niveles de catecolaminas plasmáticas y aumentos en las concentraciones de lactato en sangre³⁸. Se ha demostrado además que el HIIT reduce el riesgo de padecer ECV en adultos mayores sanos³⁹. Incluso sorprendentemente con protocolos de una sola sesión de HIIT a la semana, fue suficiente para reducir el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares en hombres y mujeres, comparado con sujetos que no realizaban ejercicio⁴⁰. El trabajo de Rognmo, et al.⁴¹, evidencia cambios significativos en el $VO_{2\text{peak}}$ en pacientes con enfermedad coronaria, durante una intervención de HIIT por un periodo de diez

semanas. Resultados que también respaldan Wisloff, et al.⁴² quienes evaluaron 26 pacientes con insuficiencia cardíaca durante 12 semanas. Moholdt, et al.⁴³ estudiaron pacientes con bypass coronario durante seis meses, pesquisaron cambios sustanciales en los niveles de VO_2 al compararlos en las primeras cuatro semanas, evidenciando que las adaptaciones centrales y periféricas continúan progresando en el tiempo^{40,41,43}.

Dentro de las adaptaciones periféricas destacan mejoras en la recaptación y sensibilidad del calcio por la bomba de calcio reticular (SERCA en sus siglas en inglés) del músculo esquelético⁴⁴. Además se ha observado un aumento de la actividad enzimática responsable de la lipólisis y glucólisis (leptina, adiponectina, insulina, catecolaminas, lipasas), asociado a una mayor activación de los transportadores de glucosa dependientes de insulina (GLUT-4) como de los ácidos grasos (FAT/CD36)^{45,46}. Otro mecanismo por el cual se explicarían los beneficios de este método de entrenamiento es la activación de vía mediada por AMPK, siendo la responsable del control metabólico y del gasto energético⁴⁷. Tales hallazgos son evidenciados por Tjonna, et al.⁴⁸, quienes evaluaron 32 pacientes con síndrome metabólico durante 36 semanas de intervención, comparando un método continuo con uno interválico, observando en el grupo HIIT un aumento significativo de la expresión génica y proteica del co-activador transcripcional PGC-1 α , el cual es un marcador de biogénesis mitocondrial y de la capacidad oxidativa del músculo esquelético⁴⁸⁻⁵⁰. Esta respuesta se explicaría por el descenso de los niveles de ATP debido a la alta demanda energética, aumentando los niveles de AMP y consecuentemente de AMPK, aumentando la fosforilación de factores de transcripción de manera directa⁴⁷.

En un meta-análisis realizado por Hwangy, et al.⁵¹, se evidencian principalmente mejoras en el VO_2 . En los hallazgos de los estudios primarios analizados se observa un incremento significativo del $\text{VO}_{2\text{ peak}}$ con un entrenamiento aeróbico de alta intensidad (3,60 $\text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$), frente a un método de entrenamiento continuo⁵¹. Resulta interesante comprender que si tenemos ganancias de 3,60 $\text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ o 1 METS, se traduce en una disminución en el riesgo de mortalidad coronaria entre un 8-15%^{52,53}.

Prescripción de ejercicio y fundamentos metodológicos del HIIT

La metodología clásica del entrenamiento desde la Escuela Alemana⁵⁴ define tres métodos de entrenamiento: Método Continuo – Método Interválico – Método de Repeticiones. Dentro del método

intervalado, existen los intervalados cortos con duraciones de menos de un minuto de duración para cada intervalo de esfuerzo y de pausa, denominándoles en latinoamérica “Ejercicio Intermitente”⁵⁵.

Una vez definidos los tiempos o metros de carrera y el tiempo de pausa, se deben considerar todas las variables propias de un método de entrenamiento con el fin de prescribir el bloque de ejercicio HIIT, estas otras variables se resumen en duración total del bloque de entrenamiento, medio de entrenamiento, la intensidad y duración de los esfuerzos, las micropausas y las macropausas, las repeticiones y las series.

Ejemplo de un Bloque de Entrenamiento Intervalado corto tipo HIIT o intermitente:

Duración: 24 minutos

Medio de entrenamiento: Bicicleta ergométrica

Intensidad del esfuerzo: 110% de la carga de esfuerzo de $\text{VO}_{2\text{ max}}$ en Watt

Duración del esfuerzo: 30 segundos

Micropausa: 30 segundos

Macropausa: 4 minutos

Repeticiones: 4

Series: 3

Significa que el bloque de entrenamiento tiene una duración de 24 minutos, realizado en una bicicleta ergométrica, con esfuerzos supramaximales de 30 segundos al 110% de la carga con la que alcanzo el $\text{VO}_{2\text{ max}}$ en cicloergómetro (test maximal), con micropausas de 30 segundos y cada cuatro esfuerzos y pausas, tendrá una pausa mayor de cuatro minutos (macropausa), para luego volver a realizar la segunda serie de cuatro minutos de esfuerzos interválicos, hasta una tercera serie, para terminar el bloque.

Desde lo metodológico también debemos considerar que existen importantes diferencias a considerar si trabajamos el HIIT con diferentes medios de entrenamiento, no es lo mismo correr en pista o campo que en una cinta ergométrica, debido a que la cinta se mueve a una velocidad antes definida, y el sujeto entra y sale de la cinta con ayuda de sus brazos que se apoyan en los costados de la máquina; distinto a cuando la carrera es en pista, donde debemos acelerar y desacelerar lo que produce mayor esfuerzo muscular y gasto de energía. En el mismo contexto los intervalados en bicicleta obligan a la aceleración y desaceleración a menos que utilicemos sistemas mecánicos o electrónicos para acelerar con menos carga o para frenar el cicloergómetro. Esto último es importante de considerar, pensando en la fatiga y daño muscular, así como también en el impacto central cardiorespiratorio de este tipo de acciones como son la aceleración y desaceleración reiterada.

Basado en la evidencia científica acumulada durante la última década en relación al impacto de la metodología HIIT como herramienta terapéutica, proponemos un

“análisis metodológico del entrenamiento interválico HIIT en deporte y salud” representado en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis metodológico del entrenamiento interválico HIIT en deporte y salud. Los ítems expresados siguen la mnemotecnía DITRA: distancia, intervalo, tiempo, repeticiones y acción.

	METODOLOGIA - Propuestas de uso y experiencias observadas	FISIOLOGIA - Evidencia científica	Críticas y complementos
DISTANCIA	En deporte Usando el principio de especificidad del deporte para distancias y acciones, por ejemplo los intermitentes técnico-tácticos en el deporte. En tenis se deben usar carreras diagonales y cambios de dirección. En fútbol, correr, saltar, rematar o el uso del Test yo-yo. Los tiempos utilizados en el deporte generalmente están entre 6, 10, 15, 20 hasta 30 segundos en general, con movimientos propios del deporte. En salud Hemos pasado de los 100 a 200 mts. de Reindell, al actual uso de tiempos que vinculados a la velocidad de carrera o cargas en watt, determinarían distancias que no son tan lejanas a lo propuesto por el cardiólogo Alemán Reindell, pero programado por intensidades.	Tabata, et al.³², usan 20 segundos de esfuerzo en su trabajo clásico. (esfuerzo supramáximo). Gibala, et al.³³ definen dos tipos de entrenamiento de intervalo - HIIT y SIT En HIIT los esfuerzos están definidos por la intensidad alta casi máxima, hasta máxima en relación a la FC máxima y el consumo máximo de oxígeno, en duración vinculada al tiempo límite. En SIT, esfuerzos supramáximos con esfuerzos de velocidad mayor a la velocidad VO₂ máximo y con FC en el rango máximo, con la mayor intensidad gestual posible. Gunnarsson, et al.⁵⁶ – diez segundos de alta intensidad (lo que se traduciría en diez segundos de esfuerzo, alternado con moderada y baja intensidad). Hackney⁵⁷, en un trabajo científico vinculado a hormonas uso 90 segundos de trabajo supramáximo.	Es importante aclarar y definir una posición con relación a lo que llamamos intermitente o HIIT o SIT, nosotros hemos tomado la clasificación de Gibala, et al.³³: HIIT y SIT. Y más que distancias entenderemos el actual uso de velocidades y cargas porcentuales en relación a un porcentaje del VO₂ máximo o FC max. por sobre el original y clásico uso de metros de carrera iniciado en los años 1930. En los trabajos científicos, no siempre se delimitan las propuestas de rendimiento diferenciándolas de las de salud, pues si bien los parámetros medidos y conclusiones son claros, las muestras no siempre son específicas Ej. Medir variaciones en marcadores de salud en sujetos de edad media con VO₂ de 50 ml/kg/min. nos deja la duda, si esto es transferible a alguien con un VO_{2max} de 22 ml. y que además es adulto mayor e hipertenso.
INTERVALO	Corresponde a una recuperación incompleta bajo las definiciones clásicas en esfuerzo anaeróbico, aun sea de predominancia lactácida o de esfuerzo predominante de fosfágenos. Clásicamente se propone recuperar hasta <120 lpm. Para el HIIT se proponen pausas por debajo de 50% de Vo₂ máx. o 50% de la FCR. Aclarando que cuando los esfuerzos son cortos de menos de 30 segundos, incluso 10 segundos la inestabilidad fisiológica es limitada y por lo tanto la necesidad de pausa también, explicando el uso de pausas también cortas de menos de 30 segundos o antes de llegar a 120 lpm.	Tabata, et al.³² usan diez segundos de pausa solamente. Gibala, et al.³³: HIIT, 120 a 60 segundos (Densidad o relación trabajo/Pausa = 1/3, 1/2, 1/1, 2/1) SIT, Siempre menor a 60 segundos Densidad 1:4 – 1:6 en la relación trabajo pausa. Gunnarsson. et al.⁵⁶, 20 más 30 segundos de pausa activa de moderada y baja intensidad respectivamente, como micropausa y dos a tres minutos entre series como macropausa. Hackney, et al.⁵⁷, utilizaron 90 segundos de intervalo de pausa.	Desde el punto de vista fisiológico, la recuperación activa se justifica en esfuerzos de >1 minuto para favorecer remoción de lactato, pero en esfuerzos de menos de un minuto y más aún cuando están <30 segundos la pausa debe ser pasiva⁵⁸. Desde lo metodológico una pausa activa, en trabajos con cicloergómetro o en trote puede ser más práctico e incluso favorecer levemente el gasto energético y la remoción de lactato aun sea baja, realizando la misma actividad pero con intensidad mínima.

	METODOLOGIA - Propuestas de uso y experiencias observadas	FISIOLOGIA - Evidencia científica	Criticas y complementos
TIEMPO	El tiempo que me tardo en cubrir una distancia es usado inicialmente como parámetro de intensidad. Actualmente se utiliza la intensidad como un porcentaje del VO_2 máximo. En la práctica se usa la velocidad de VO_2 Max. o $vVO_{2\text{ max}}$ en cinta y en el caso del cicloergómetro un % de la potencia en la que se alcanzó el VO_2 máx. o la FC max. Ej. Astrand en cicloergómetro 600 kgm =100 watt es la potencia $VO_{2\text{max}}$ y 90 watt representa el 90% o 120 watt el 120% de la potencia VO_2 máximo, ambas son cargas posibles de usar con este método HIIT o más específicamente SIT para la segunda carga.	Tabata y cols (32) the effect of 6 wk of moderate-intensity endurance training (intensity: 70% of maximal oxygen uptake ($VO_{2\text{ max}}$), utilizo esfuerzos del 170% del $VO_{2\text{ max}}$. Gibala, et al.³³. HIIT, utiliza intensidades de 90 a 100% de $vVO_{2\text{ max}}$ o 80 a 100% de FC max. SIT, con esfuerzos supramáximos sobre el 100% de $VO_{2\text{ max}}$. Gunnarsson, et al.⁵⁶, para un estudio orientado a la salud utilizo 90% de la $vVO_{2\text{ max}}$. Hackney, et al.⁵⁷, en su estudio uso 110% del $vVO_{2\text{ max}}$.	En salud muchas veces resulta muy difícil alcanzar las intensidades descritas por la literatura científica como causantes de interesantes adaptaciones fisiológicas. Por lo tanto el metodólogo y el prescriptor de ejercicio debe ser muy cuidadoso y usar el sentido común al aplicar conceptos fisiológicos extraídos de evidencia científica. Está claro que para un sujeto sedentario que no realiza ejercicio de alta intensidad puede ser cualquier esfuerzo en que supere el 70% de la capacidad máxima: FC máxima, VO_2 máximo, carga de VO_2 máximo en cicloergómetro, etc. Por lo tanto inicialmente en ese sujeto podemos usar cargas que externamente no serían máximas, pero que internamente para el sujeto si lo son, hasta lograr las cargas objetivo.
REPETICIONES	En deporte volúmenes asociados también a la especificidad de cada disciplina, en tenis los preparadores físicos describen circuitos intermitentes que pueden durar hasta 1 hora, en fútbol 30 minutos, etc. (Anselmi, et al.). En salud, uno de los fundamentos para su elección dice relación con la posibilidad de conseguir beneficios en sesiones de corta duración. Conocemos y usamos tiempos totales de trabajo de HIIT o SIT de 15 a 20 minutos.	Tabata et al. 32 completaron en su protocolo 7 a 8 series, es decir menos de 10 minutos. Gibala, et al.³³ proponen “bajo volumen” aplicado al HIIT y al SIT, con una sumatoria de esfuerzos que dura un tiempo igual o menor que diez minutos (tiempo efectivo). Gunnarsson, et al.⁵⁶, cinco minutos x dos a cuatro series en total mínimo de 15 y un máximo de 25 minutos. Hackney, et al.⁵⁷, usaron esfuerzos de 45 minutos en total.	El carácter del ejercicio intermitente es ser capaz de producir beneficios con bajo volumen de entrenamiento y esto permite evitar las largas sesiones de entrenamiento aeróbico o utilizar el tiempo restante en mejorar otros aspectos. Pero esto no siempre es de consenso en el ámbito científico y existen publicaciones que han mostrado que los mismos beneficios de un entrenamiento HIIT muy corto puede ser igualado con un ejercicio aeróbico tradicional de algunos minutos más. No se debe olvidar un fundamento metodológico de la carga de entrenamiento, que es la relación inversa entre volumen e intensidad que nos puede aclarar la característica de bajo volumen del entrenamiento HIIT.
ACCIÓN	En deportes acíclicos (juegos deportivos) se corre o se realizan drills que pueden llevar implícitas acciones propias del deporte y ejercicios de potencia y coordinación orientados al deporte. En salud se usa marcha o carrera en plano y con inclinación, cicloergómetro, elíptica, incluso el Step o banco (CEA).	Tabata, et al.³² vcicloergómetro (bicicleta estática) Gibala, et al.³³ cicloergómetro. Bangsbo, et al.⁵⁶ carrera en campo deportivo. Hackney, et al.⁵⁷ carrera en cintaergometrica.	En deporte, al usar circuitos y Drills intermitentes, puede ser difícil conseguir las intensidades objetivo generalmente cerca o incluso sobre la intensidad de VO_2 máximo o la FC máxima. En el caso del ejercicio para la salud en muchos casos es imposible conseguir alta intensidad a costa de velocidad y se requiere incluir pendiente o inclinación en el caso de cinta ergométrica, por otro lado los intermites en bicicleta producen mucha fatiga muscular en el caso de utilizar aceleraciones reiteradas, cada vez que se inicia un esfuerzo, lo que se debe considerar al momento de programar el bloque..

Una crítica al entrenamiento HIIT

En base al artículo de Biddle, et al.⁵⁹ debemos considerar al HIIT como una propuesta de entrenamiento con aplicabilidad clínica, pero debemos ser cuidadosos al pensar en su aplicación masiva o al presentarla como la solución a los problemas que enfrenta el ejercicio en salud, pues no existe evidencia del HIIT como estrategia de salud pública y los estudios que existen son fundamentalmente de eficacia y limitados por el diseño, con evidencia limitada basada en ensayos clínicos aleatorizados (ECAs), con poco tiempo de intervención impidiendo definir su efecto a largo plazo. Con esto no queremos contradecir al documento pero sí admitir que en disciplinas que se fundamentan en ciencia como lo es la actividad física y el ejercicio en salud, necesitan mayor evidencia a favor y en contra, para tomar decisiones en la terapéutica diaria.

REFERENCIAS

- Mendoza S, Muñoz M, Merino JM, Barriga OA. Factores determinantes de cumplimiento terapéutico en adultos mayores hipertensos. *Rev Med Chil.* 2006; 134(1): 65-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872006000100009>.
- Espinoza Salinas A, Aguilera Eguia R, Cofre Bolados C, Zafra Santos E, Pavéz Von Martens G. High intensity aerobic interval training improves peak oxygen consumption in patients with metabolic syndrome: CAT. *Medwave.* 2014; 14(05): e5964. DOI: 10.5867/medwave.2014.05.5964.
- Cabieses B, Espinoza M, Zitko P. ¿Como enfrentar el aumento de conductas individuales de riesgo para la salud en Chile?. *Rev Med Chile.* 2011; 139(5): 685-687.
- Wei M, Kampert JB, Barlow CE, Nichaman MZ, Gibbons LW, Paffenbarger RS, et al. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA.* 1999; 282(16): 1547-1553.
- Araújo C, Herdy AH, Stein R. Maximum oxygen consumption measurement: Valuable biological marker in health and in sickness. *Arq Bras Cardiol.* 2013; 100(4): 51-53.
- Williams MA. Exercise testing in cardiac: Exercise prescription and beyond. *Cardiol Clin.* 2001; 19(3): 415-431.
- Moore SC, Patel AV, Matthews CE, Berrington de Gonzalez A, Park Y, Katki HA, et al. Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: A large pooled cohort analysis. *PLoS Med.* 2012; 9(11): 1-14. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001335.
- Pedersen BK. Muscles and their myokines. *J Exp Biol.* 2011; 214(2): 337-246. DOI: 10.1242/jeb.048074.
- Soares-Miranda L, Sattelmair J, Chaves P, Duncan G, Siscovick DS, Stein P, et al. Physical activity and heart rate variability in older adults: The cardiovascular health study. *Circulation.* 2010; 9(2): 1-14. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005361.
- Wanderley FA, Moreira A, Sokhatska O, Palmares C, Moreira P, Sandercock G, et al. Differential responses of adiposity, inflammation and autonomic function to aerobic versus resistance training in older adults. *Exp Gerontol.* 2013; 48(3): 326-333. DOI: 10.1016/j.exger.2013.01.002.
- Duffy JY, Hameed AB. Cardiovascular disease screening. *Semin Perinatol.* 2015; 39(4): 264-267. DOI:10.1053/j.semperi.2015.05.004.
- Johnson JL, Slentz CA, Houmard JA, Samsa GP, Duscha BD, Aiken LB, et al. Exercise training amount and intensity effects on metabolic syndrome (from Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention through Defined Exercise). *Am J Cardiol.* 2007; 100(12): 1759-1766.
- Kemmler W, Von Stengel S, Engelke K, Kalender WA. Exercise decreases the risk of metabolic syndrome in elderly females. *Med Sci Sport Exerc.* 2009; 41(2): 297-305. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31818844b7.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(7): 1334-1359. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
- Chan JM, Rimm E, Colditz G, Stampfer M, Willett W. Obesity, fat distribution and weight gain as risk factors for clinical diabetes in men. *Diabet Care.* 1994; 17(9): 961-969. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.17.9.961>.
- Machado-Vidotti H, Mendes RG, Simões RP, Castello- Simões V, Catai AM, Borghi-Silva A. Cardiac autonomic responses during upper versus lower limb resistance exercise in healthy elderly men. *Braz J Phys Ther.* 2014; 18(1): 9-18.
- Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013; 44(2): 269-279. DOI: 10.1007/s40279-013-0115-0.
- Brandao AO. Exercícios intervalados (HIIT E SIT):

- Historico e fisiologia do exercicio molecular. Natal, Brasil; 2015.
19. de Almeida HFR, de Almeida DCM, Gomes AC. Uma ótica evolutiva do treinamento desportivo através da história. *Rev Treinamento Desport.* 2000;(1972): 40-52.
 20. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sport Med.* 2013; 43(5): 313-338. DOI: 10.1007/s40279-013-0029-x.
 21. Tubino MJG, Moreira SB. Metodologia científica do treinamento desportivo. 2003.
 22. de Paula A, Alonso D. Interval Training In The Aerobic Or Anaerobic Training. *Rev Bras Ciências da Saúde.* 2008; 3(15): 59-65.
 23. Billat L V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sport Med.* 2001; 31(1): 13-31.
 24. Reindell H, Roskamm H. Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervall training unter besonderer Berücksichtigung des Kreilaufes. *Schweiz Z Sport.* 1959.
 25. Reindell H, Roskamm H, Gerschler W, Adam K. Das intervalltraining: physiologische Grundlagen, praktische Anwendungen und Schädigungsmöglichkeiten. Barth, Munich; 1962. 106 p.
 26. Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol.* 1967; 23(3): 353-358.
 27. Fox EL, Robinson S, Wiegman DL. Metabolic energy sources during continuous and interval running. *J Appl Physiol.* 1969; 27(2): 174-178.
 28. Holloszy J. Biochemical Adaptations in Muscle. *J Biol Chem.* 1967; 242(9): 2278-2282.
 29. Cooper KH, Pollock ML, Martin RP, White SR, Linnerud AC, Jackson A. Physical fitness levels vs selected coronary risk factors. A cross-sectional study. *JAMA.* 1976; 236(2): 166-169.
 30. Blair SN, Cooper KH, Gibbons LW, Gettman L, Lewis S, Goodyear N. Changes in coronary heart disease risk factors associated with increased treadmill time in 753 Men. *Am J Epidemiol.* 1983; 118(3): 352-359.
 31. Gibbons LW, Blair SN, Cooper KH, Smith M. Association between coronary heart disease risk factors and physical fitness in healthy adult women. *Circ* 1983. 1983; 67(5): 977-983.
 32. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, et al. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Med Sci Sport Exerc.* 1996; 28(10): 1327-1330.
 33. Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med.* 2014; 44: S127-137. DOI: 10.1007/s40279-014-0259-6.
 34. Guiraud T, Nigam A, Gremaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med.* 2012; 42(7): 587-605. DOI: 10.2165/11631910-000000000-00000.
 35. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015; 1-9. doi:10.1136/bjsports-2014-094490.
 36. Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89(6): 548-554.
 37. Skinner JS, McLellan TM. The Transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport.* 1980; 51(1): 234-248.
 38. Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Lehmann M, et al. Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure application to exercise training. *Eur Heart J.* 1996; 17(7): 1040-1047.
 39. Lee IM, Sesso HD, Oguma Y, Paffenbarger RS Jr. Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. *Circulation.* 2003;107(8): 1110-1116.
 40. Wisløff U, Nilsen TI, Drøyvold WB, Mørkved S, Slørdahl SA, Vatten LJ. A single weekly bout of exercise may reduce cardiovascular mortality: how little pain for cardiac gain? "The HUNT study, Norway". *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006; 13(5): 798-804.
 41. Rognmo Ø, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slørdahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004;11(3): 216-222.
 42. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007; 115(24): 3086-3094.
 43. Moholdt TT, Amundsen BH, Rustad LA, Wahba A, Løvø KT, Gullikstad LR, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: A randomized study

- of cardiovascular effects and quality of life. *Am Heart J.* 2009; 158(6): 1031-1037. DOI: 10.1016/j.ahj.2009.10.003.
44. Swain DP, Franklin BA. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *Am J Cardiol.* 2006; 97(1): 141-147.
45. Baar K. Training for Endurance and Strength. *Med Sci Sport Exerc.* 2006; 38(11): 1939-1944. DOI: 10.1249/01.mss.0000233799.62153.19
46. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol.* 2006; 575(Pt3): 901-911.
47. Jäger S, Handschin C, St-Pierre J, Spiegelman BM. AMP-activated protein kinase (AMPK) action in skeletal muscle via direct phosphorylation of PGC-1α. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007; 104(29): 12017-12022.
48. Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008; 118: 346-354. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822
49. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012; 590(5):1077-1084. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.224725.
50. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sport.* 2010;20:1-10. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x.
51. Hwang CL, Wu YT, Chou CH. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011; 31(6): 378-385. DOI: 10.1097/HCR.0b013e31822f16cb.
52. Myers J, Prakash M, Frolicher V, Partington S, Atwood E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. 2002; 346(11): 793-801.
53. Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, et al. Exercise Capacity and the risk of death in women: The St James Women Take Heart Project. *Circulation.* 2003; 108(13): 1554-1559.
54. Harre D. Manual de Entrenamiento Deportivo, Facultad de Ciencias del Deporte. Alemania: Univesidad de Leipzig; 2006.
55. Argemi R. Entrenamiento Intermitente. Argentina: Editorial Limusa; 2013.
56. Gunnarsson TP, Bangsbo J. The 10-20-30 training concept improves performance and health profile in moderately trained runners. *J Appl Physiol.* 2012;113(1): 16-24. DOI: 10.1152/japplphysiol.00334.2012
57. Hackney AC, Hosick KP, Myer A, Rubin DA, Battaglini CL. Testosterone responses to intensive interval versus steady-state endurance exercise. *J Endocrinol Investig.* 2012; 35: 947-950.
58. Lucas RD De, Denadai BS, Greco CC. Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente: implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. *Rev Mot.* 2009; 15(4): 810-820.
59. Biddle SJH, Batterham AM. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015;12(1): 95. DOI: 10.1186/s12966-015-0254-9