



UNIVERSIDAD
Finis Terrae
VINCE IN BONO MALUM

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGIA

**EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACION DE OMEGA-3 Y
ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD EN EL
RENDIMIENTO FISICO Y COMPOSICION CORPORAL EN
JOVENES SEDENTARIOS CON SOBREPESO**

PABLO CANALES ESPINOZA
PAMELA MIRANDA HERRERA
NATALIA SERRANO DUARTE

Tesis para ser presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis
Terrae para optar al título de Kinesiólogo

Profesor Guía: Luis Peñailillo Escarate, PhD

Santiago, Chile

2015

FORMULARIO DE APROBACIÓN

Profesor guía:

Dr. Luis Peñailillo

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría que estas líneas sirvan para expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han participado y colaborado en la realización del presente trabajo.

En especial nos gustaría agradecer a nuestro profesor guía Dr. Luis Peñailillo, por la orientación y supervisión durante todo el proceso de estudio y por qué no decirlo, por la paciencia y motivación.

Queremos también dar gracias al Dr. Hermann Zbinden por dar su autorización para utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ciencias del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae. Y a la administradora del Gimnasio UFT por facilitarnos las instalaciones para realizar la intervención de nuestro estudio.

También queremos reconocer la ayuda entregada por el profesor Marco Kokaly al facilitar los monitores cardiacos empleados durante los entrenamientos y también al profesor Rodolfo Hidalgo por ser nuestro respaldo para solicitar el gimnasio UFT.

Quisiéramos extender también nuestra gratitud a todos aquellos voluntarios que participaron de forma activa como sujetos de estudio, por la buena disposición, preocupación y tiempo empleado durante las evaluaciones e intervención.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, apoyo y el ánimo recibido de nuestras familias y amigos

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
GLOSARIO Y ABREVIATURAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	2
I. Pregunta de investigación.....	15
II. Hipótesis de trabajo.....	15
III. Objetivo general.....	16
IV. Objetivos específicos.....	16
CAPITULO 2: MATERIALES Y MÉTODO.....	17
I. Diseño de investigación.....	17
II. Universo, población y muestra.....	17
III. Criterios de inclusión.....	18
IV. Criterios de exclusión.....	18
V. Participantes.....	18
VI. Metodología: Obtención de datos e investigación realizada.....	19
VII. Variables del estudio.....	28
VIII. Análisis estadístico.....	32
CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....	33
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN.....	47
CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	64
ANEXOS.....	65

RESUMEN

Ejercicios de HIIT producen beneficios como aumento de las enzimas oxidativas, glucolíticas² y del metabolismo de los ácidos grasos.^{3,4} Por otra parte el Omega-3, tiene efectos vasodilatadores, estimula precursores de la biogénesis mitocondrial, siendo beneficioso para el sistema cardiovascular y oxidativo. De esta forma el presente estudio busca observar los efectos potenciadores de la suplementación de Omega-3 sobre el HIIT en el rendimiento físico y la composición corporal.

28 jóvenes voluntarios, sedentarios sanos (22 ± 4), fueron distribuidos de forma aleatoria en 4 grupos de estudio. El grupo O3/HIIT (n=7) realizó un protocolo de HITT, 3 veces a la semana, 30 minutos y consumió 2 gr. de Omega-3, de forma diaria por 6 semanas. El grupo HIIT(n=7) realizó un protocolo de HIIT, durante 6 semanas. El grupo O3 (n=7) consumió 2 gr. diarios de Omega-3. Mientras que el grupo control (n=7) no realizó ningún protocolo de intervención ni suplementación.

Al finalizar la intervención se observó un aumento de VO_{2max} absoluto para HIIT (P=0.004) y O3/HIIT (P=0.013) comparando pre y post intervención. Se observó un aumento significativo del grupo O3/HIIT en comparación con los otros grupos de estudio. Velocidad máxima aumentó (P<0.005) en HIIT y O3/HIIT, comparando pre y post intervención. Por otra parte la PAS tuvo una disminución (P=0.002) en el grupo de O3 pre y post intervención y en relación a todos los grupos de estudio (P<0.005). Mientras que el porcentaje de masa grasa y Σ de pliegues, disminuyó (P<0.005) en O3/HIIT, HITT y O3 en comparación al grupo control.

Se concluye que el Omega-3 sobre el HIIT tiene un efecto potenciador en VO_{2peak} . Solo Omega-3 es capaz de bajar PAS dentro de 6 semanas. Mientras que el porcentaje grasa disminuye con Omega-3, HIIT y la combinación de ambas.

Palabras Clave: actividad física, ácidos grasos poliinsaturados, presión arterial, capacidad aeróbica máxima, porcentaje de masa grasa

ABSTRACT

HIIT exercises causes increased oxidative and glycolytic enzymes, and metabolism of fatty acids^{3, 4}. Moreover the Omega-3 has potent vasodilatory effects, including precursors stimulates mitochondrial biogenesis, being beneficial to the cardiovascular system and oxidative. Thus, the present study aims to observe the effects enhancers supplementation of Omega-3 on HIIT in physical performance and body composition.

28 young volunteers, healthy sedentary (22 ± 4) were randomized into 4 study groups. The O3/HIIT group (n = 7) performed a protocol HITT, 3 times a week, 30 minutes and consumed 2 g. Omega-3, on a daily basis for 6 weeks. The HIIT group (n = 7) performed a HIIT protocol for 6 weeks. The O3 group (n = 7) consumed 2 gr. Omega-3 daily. While the control group (n = 7) did not make any intervention protocol and supplementation.

After the intervention, absolute VO₂max increased for HIIT (P = 0.004) and O3/HIIT (P = 0.013) comparing pre and post intervention. And O3/HIIT significantly compared to all study groups. Max. speed increased (P <0.005) on O3/HIIT, HIIT, comparing pre and post intervention. Moreover the PAS had a decrease (P = 0.002) only in the O3 group pre and post intervention and in relation to all study groups (P <0.005). While the percentage of fat mass and Σ skinfolds, decreased (P <0.005) O3/HIIT, HITT and O3 compared to the control group.

It is concluded that HIIT exercise plus Omega-3 supplements has an enhancing effect on VO_{2peak}. Just Omega-3 is capable of lowering SBP within 6 weeks. While the fat percentage decreases with Omega-3, HIIT and combination thereof.

Keywords: physical activity, polyunsaturated fatty acids, blood pressure, maximum aerobic capacity, percentage of fat mas.

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

AA: Acido Araquidónico

ACSM: American College of Sport Medicine

ACV: Accidente Cerebrovascular

AHA: American Heart Association

AMP: Adenosín monofosfato

AMPK: Proteín quinasa activada por AMP

DHA: Ácido docosahexaenoico

EPA: Ácido eicosapentaenoico

FAT/CD36: Translocasa de ácido graso /Grupo de diferenciación 36 (fatty acid translocase/ Cluster of Differentiation 36)

FABPpm: Proteína de unión de ácidos grasos (Fatty acid binding protein)

FC_{máx.}: Frecuencia cardiaca máxima

FC: Frecuencia cardiaca

GC: Gasto cardiaco

HDL: Lipoproteína de alta densidad (High Density Lipoprotein)

HIIT: Ejercicios de intervalos de alta intensidad (High Interval Intermittent training)

HTA: Hipertensión Arterial

ICC: Índice cintura-cadera

IL-6: Interleukina 6

CK: Creatín Kinasa

CRP: Proteina C Reactiva

IMC: Índice de masa corporal

MET: Índice metabólico

MC : Masa Corporal

LDL: Lipoproteína de baja densidad (Low Density Lipoproteins)

ON: Óxido nítrico

OMS: Organización mundial de la salud

PA: Presión arterial

PAD: Presión arterial diastólica

PAS: Presión arterial sistólica

RPE: índice de esfuerzo percibido

SIT: Entrenamiento de intervalos de sprint (Sprint Interval Training)

TG: Índice de triglicéridos

VLDL: Lipoproteína de muy baja densidad (Very low density lipoproteins)

VO_{2máx}: Consumo máximo de Oxígeno

VO_{2peak}: Peak de Consumo máximo de Oxígeno

INTRODUCCIÓN

Los beneficios de la actividad física aeróbica en la reducción de la morbilidad y mortalidad cardiovascular han sido comprobados epidemiológicamente a través de los años con altos niveles de evidencia científica que corroboran su efectividad en la mejora del metabolismo y la salud humana.^{1,2,3} Mientras que por el contrario, múltiples estudios refieren que la vida sedentaria se encuentra clasificada como un factor de riesgo promotor de alteraciones cardiovasculares y antropométricas perjudiciales que llevan a un alto índice de mortalidad.¹ Es por esto que el ejercicio, y la actividad física, han sido prescritos como un bien necesario debido a que están asociados a múltiples beneficios, gracias a que se correlacionan con una reducción de eventos vasculares tanto en hombres como mujeres por la disminución de los factores predisponentes de alteraciones cardiovasculares tales como obesidad, dislipidemia, hipertensión arterial, resistencia a la insulina, sedentarismo entre otros.⁴

Por otra parte, la alimentación y el equilibrio de los sustratos energéticos en el metabolismo humano cumplen un rol importante en el buen funcionamiento del sistema cardiovascular. Dentro de este equilibrio nutricional encontramos suplementos como los ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos. Encontrando entre estos el ácido linolénico (omega 3 y el omega 6) imposibles de sintetizar por el ser humano, debido a que el hombre carece de las enzimas necesarias, por lo que son considerados ácidos grasos esenciales, y que por tanto deben ser incorporados a nuestro organismo mediante la ingesta diaria.^{5,6,7}

El ácido graso omega-3, que se encuentra principalmente en el aceite de pescado, mariscos, yema de huevo, aceites vegetales (oliva, soja), vegetales (espinacas, fresas, pepino, nueces), semillas (chía y linaza) y suplementos alimenticios (preparaciones, de concentrados farmacéuticos),^{5,6} ha demostrado influir en el metabolismo de los lípidos, presión sanguínea, función vascular, ritmo cardíaco, función plaquetaria y en respuestas inflamatorias, previniendo procesos aterogénicos y problemas cardiovasculares en seres humanos.^{7,8,9}

Por otro lado, efectos similares han sido descritos en estudios de entrenamientos aeróbicos evidenciando que el entrenamiento físico a intervalos de alta intensidad o High Intensity Interval Training (HIIT) provoca cambios positivos la síntesis de enzimas oxidativas y glicolíticas del músculo esquelético, a través del aumento significativo de transportadores de lípidos y glucosa,¹⁰ además de aumentar aproximadamente en un 10% el consumo máximo de Oxígeno ($VO_{2máx}$), disminuyendo la sensación de fatiga, especialmente en poblaciones sedentarias.¹¹

De esta forma la presente tesis busca examinar un posible efecto potenciador de la suplementación de ácidos grasos Omega-3 y HIIT en los variables de cardiovasculares, de rendimiento aeróbico y de composición corporal en sujetos jóvenes sedentarios con sobrepeso.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

La actividad física aeróbica regular cumple un rol importante como reductor de la morbilidad y mortalidad cardiovascular; estos efectos demostrados por estudios de la epidemiología humana sustentan múltiples indicaciones médicas, tales como el programa preventivo de la American Heart Association (AHA), que busca promover la actividad física y erradicar la vida sedentaria en pacientes con alto riesgo cardiovascular.^{1,2,3} Para apoyar lo mencionado anteriormente existen antecedentes que el sedentarismo es un factor de riesgo importante en el desarrollo de enfermedad coronaria, accidente cardiovascular y enfermedad vascular periférica.^{4, 26} Otros beneficios asociados a la actividad física aeróbica son los cambios en el porcentaje de grasa corporal,^{1,12,13} perfil lipoproteico,¹³ tolerancia a los carbohidratos, sensibilidad a la insulina,¹⁴ liberación neurohormonal de catecolaminas, renina, aldosterona, y vasopresina.⁴ Además, el ejercicio posee un efecto hipotensivo en pacientes con hipertensión arterial, ayudando a tener una mejor y más efectiva respuesta a los medicamentos, permitiendo así disminuir la dosis necesaria. Esto lleva a que el American College of Sports Medicine y la AHA, recomiende las actividades del tipo aeróbico, con una intensidad de 30% a 90% de la FC_{máx}, en sesiones de 30 a 60 minutos, 3 veces por semana.^{15, 16,17}

Pilar importante que fundamenta al ejercicio como un potente estimulador fisiológico primario y secundario, relevante en la prevención de eventos cardiovasculares, es la mejora de la función endotelial en arterias coronarias y arterias musculares de gran y pequeño calibre mediada por la liberación de óxido nítrico (ON) producida por el estrés en cizalla causada por aumento de la presión intra-luminal dada en el ejercicio, lo que explica la disminución de la presión arterial de reposo, una de las variables cardiovasculares más modificadas en el ejercicio, llegando a bajar la presión arterial sistólica (PAS) 10 mmHg y la presión arterial diastólica (PAD) 8 mmHg. El consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) se ha visto también aumentado posterior a periodos de entrenamiento físico, debido en gran medida por el incremento del gasto cardíaco (GC) y de la diferencia

arterio-venosa, sumada a cambios estructurales, metabólicos y funcionales que mejoran la cantidad y calidad del envío y extracción de oxígeno por parte de los músculos.^{15,16}

Composición corporal

La exploración del estado nutricional del ser humano es un amplio y complejo campo de estudio dentro del análisis de la población mundial, en los que podemos encontrar diferentes abarques en el ámbito de la investigación nutricional. Uno de estos es el estudio de la composición corporal que completa la exploración del estado nutricional, junto con una buena historia clínica, encuesta dietética, exploración física, pruebas bioquímicas e incluso genéticas, a través del análisis compartimental y la composición corporal de cada individuo.¹⁸

Análisis epidemiológicos en Chile han corroborado una importante alteración del estado nutricional y un aumento significativo del sobrepeso, la obesidad y obesidad mórbida en la población chilena. Con una prevalencia de sobrepeso y obesidad, en personas sobre 15 años, de un 39,3% y 25,1% respectivamente.¹⁹ Mientras que un 25,1% se encuentra en un estado de obesidad, y un 2,3% en obesidad mórbida.¹⁹ Vale la pena señalar que la población clasificada como obesa, se encuentra cerca de un 10,9% de la población, que tiene una edad comprendida entre los 15-24 años.¹⁹ Por estas razones el sobrepeso y la obesidad son consideradas como un importante problema de salud pública, con una tendencia que ha ido aumentando dramáticamente los últimos años y probablemente asociada a los estilos de vida poco saludables, como el aumento del consumo de grasas y azúcares y una disminución de los niveles de actividad física.¹⁹

Para comprender mejor los términos, la obesidad es considerada una enfermedad crónica de origen multifactorial prevenible, que se caracteriza por acumulación excesiva de grasa o hipertrofia general del tejido adiposo en el

cuerpo, es decir, cuando la reserva natural de energía de los humanos y otros mamíferos es almacenada en forma de grasa corporal. La Organización Mundial de la Salud (OMS), clasifica la obesidad de acuerdo al Índice de Masa Corporal (IMC), considerándose a una persona obesa cuando este índice es igual o superior a 30 kg/m^2 . Similares características están asociadas al concepto de sobrepeso, pero que según la OMS están clasificadas con un IMC entre $25 - 29.9 \text{ kg/m}^2$. Las condiciones de obesidad y sobrepeso son totalmente prevenibles, evitando así también otras posibles enfermedades asociadas a estos estados nutricionales, tales como, diabetes mellitus, dislipidemia, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares que influyen en la mortalidad, morbilidad y calidad de vida de las personas.^{20,21}

Para introducirnos en la evaluación del estado nutricional y del riesgo cardio-metabólico, este se realiza generalmente a través de pruebas antropométricas en las que destacan el IMC, porcentaje de grasa y perímetro de cintura. El IMC está condicionado por factores como la talla en el crecimiento intrauterino, la talla al nacer, el nivel socioeconómico y cambios estacionales en la disponibilidad de alimentos.¹⁸ Esta medición es aplicable casi exclusivamente en adultos sedentarios ya que no diferencia entre masa muscular o adiposa, por lo que en deportistas no sería el mejor indicador.¹⁸ La medición del porcentaje de grasa a través de pliegues cutáneos es también un indicador del estado nutricional, en donde registros de alto porcentaje de masa grasa en los individuos es considerado como predictor de riesgo cardiovascular, dato importante ya que a mayor cantidad de grasa corporal se pueden desarrollar enfermedades como resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo II y dislipidemias, patologías asociadas a síndrome metabólico, conjunto factores de riesgo que están asociado a la alta aparición de patología cardiovasculares, ya que confiere mayor riesgo de infarto al miocardio y accidente vascular cerebral.^{18,22}

Otro predictor indirecto es el perímetro de cintura, ya que determina la adiposidad central y visceral.⁴⁸ Este tipo de adiposidad es de gran importancia

debido a que la distribución de la grasa corporal es un importante predictor de alteraciones metabólicas.^{23,24} La acumulación de tejido subcutáneo en la mitad inferior del cuerpo, como lo es en el caso de las mujeres, están asociadas a tener tendencia a una obesidad de tipo ginoide, donde existen receptores alfa-2 adrenérgicos que tienden a la lipogénesis en vez de la lipólisis, almacenando con mayor facilidad tejido adiposo subcutáneo en esa zona.^{24,25} Mientras que por otro lado, los hombres, clasificados por tener una tendencia a una obesidad androide, tienden a la acumulación excesiva de tejido adiposo subcutáneo superior, asociada a un alto riesgo cardiovascular debido el exceso de tejido subcutáneo en la zona abdominal, lo que contribuye a la aparición de enfermedades metabólicas como diabetes mellitus II, dislipidemias y enfermedades cardiovasculares, esto debido a que la grasa intra-abdominal se metaboliza movilizand o ácidos grasos libres aumentando la síntesis de VLDL, LDL, glucosa e insulina.^{24,25}

Entrenamientos de intervalos de alta intensidad

Entre los diversos trabajos aeróbicos descritos en la literatura, recientes estudios han evidenciado que el entrenamiento físico de intervalos de alta intensidad (HIT) provoca menor fatiga que el ejercicio aeróbico continuo en pacientes sedentarios, teniendo mayor adherencia en esta población al ejercicio y por ende una mejoría en la manifestación de los efectos positivos atribuibles al ejercicio.^{7, 10,11, 26} El HIIT es un tipo de entrenamiento a través de intervalos, también conocido como High-Intensity Intermittent Exercise (HIIE) o Sprint Interval training (SIT).²⁶ Este tipo de entrenamiento consta de realizar ejercicio aeróbico alternando cortos periodos de esfuerzo máximo o a una intensidad cercana al máximo, sumado a periodos de recuperación a baja intensidad, estos novedosos entrenamientos de alta intensidad implicarían similares efectos de los trabajos aeróbicos de moderada intensidad y tendrían mejor adhesión. Las sesiones comunes de éste tipo de entrenamiento suelen durar de 4 a 30 minutos.^{10, 26}

Protocolos de entrenamiento HIIT han demostrado una reducción significativa de la resistencia a la insulina producto de adaptaciones y mejoras en el músculo esquelético aumentando su tamaño y eficiencia metabólica,¹¹ dado a que el entrenamiento físico a intervalos de alta intensidad provoca efectos positivos en el aumento de las enzimas oxidativas y glucolíticas, a través del aumento significativo de los transportadores en procesos oxidativos como, Glut4, MCT1 Y MCT4,¹⁰ enzimas sumamente importante en el proceso de metabolismo y regulación del sustrato glucosa dentro del metabolismo muscular, además de aumentar aproximadamente sobre un 10% el VO₂máx especialmente en poblaciones sedentarias¹¹. Por otra parte estudios similares encontraron que HIIT provocó un aumento en el metabolismo de los ácidos grasos por tener un efecto en un aumento del 30% de la proteína transportadora FABPpm y un 16% sobre las enzimas FAT/CD36, esta última de gran importancia debido a que es una proteína integral de membrana que se encuentra en la superficie de muchos tipos de células en animales vertebrados, parte de la familia de receptores tipo B de las proteínas de la superficie celular. FAT/ CD36 se une a muchos ligandos incluyendo el colágeno,²⁷ trombospondina,²⁸ los eritrocitos parasitados con Plasmodium falciparum,²⁹ la lipoproteína de baja densidad oxidada,^{30,31} lipoproteínas nativas,³² fosfolípidos oxidados,³³ y de los ácidos grasos de cadena larga facilitando los procesos oxidativos implicados en la translocación y metabolismo de lípidos.

La aplicación del sistema de entrenamiento mediante HIIT es justificada por los múltiples efectos cardiovasculares y oxidativos que este tipo de entrenamiento induce. Gibala y cols, logró determinar que 6 semanas de entrenamiento HIIT (10 repeticiones de 60 segundos de trabajo al 90% FCmáx. por 60 segundos de descanso) provoca activación en la proliferación de peroxisoma, activado por el receptor gamma co- activador (PGC-1 α) en la musculatura humana, considerado como el mayor regulador de la biogénesis mitocondrial que por ende tendría un factor importante en los controles y beneficios del sistema oxidativo.²³

También se ha relacionado el efecto del entrenamiento HIIT en el aumento del gen de transcripción mitocondrial por la activación de la proteína AMP kinasa (AMPK) y P38 activador mitógeno (MAPK), generando mayor acumulación de proteínas mitocondriales que desencadenan aumento en la biogénesis mitocondrial y el aumento del sistema oxidativo. Dichos beneficios fueron encontrados en protocolos de 6 semanas de entrenamiento HIIT, en el que el crecimiento del contenido de proteínas de PCG-1 fue de un 100% en una población joven sedentaria sana.²³

Burgomaster y cols. demostró que 6 semanas de trabajo de HIIT, 3 veces por semana y 30 minutos cada vez, aumentó el VO₂máx al igual que un trabajo de endurance de 60 minutos, pero con un menor volumen de entrenamiento. Essen y cols. comparó los efectos agudos de una hora de ejercicio aeróbico continuo al 50% Vo₂máx previamente estipulada, con una hora ejercicio de HIIT (15 segundos de trabajo a un máxima intensidad y 15 segundos de descanso, relación 1:1), resultando que las oxidación de ácidos grasos fue superior a la de entrenamiento continuo y ambas con iguales resultados en la oxidación de glucosa sin diferencias tan significativas entre ellas.³⁴ También se encontró en una comparación entre HIIT y ejercicio continuo un aumento de la actividad de adenil ciclasa en un 25% en el HIIT.³⁴ Por otra parte, Franch y cols. en relación a la percepción al esfuerzo y tiempo de extenuación, se pudo determinar en un grupo de 36 corredores, que los ejercicios continuos manifestaron mayor tiempo de extenuación (93%) en comparación al HIIT (67%). Por lo tanto este tipo de ejercicio logra mejorar el sistema oxidativo resultando en un aumento del VO₂máx, pero contrasta con el entrenamiento continuo por la menor percepción de fatiga sentida por el individuo.

La capacidad aeróbica máxima ha sido considerada como la medida fisiológica más importante en el ser humano para pronosticar su rendimiento físico en actividades de larga duración y en cierta forma, para conocer la funcionalidad de los distintos sistemas orgánicos involucrados en el transporte de oxígeno, determinada a través del VO₂máx.^{16,35} Este corresponde al volumen de oxígeno,

expresado en ml/minuto, absorbido en los alveolos a través de los capilares pulmonares, transportado por la sangre y consumido en los tejidos. La ecuación correspondiente al consumo de oxígeno es gasto cardiaco por diferencia arterio-venosa.¹⁶ Se puede medir de forma directa o estimar de manera indirecta a través de test submáximas.¹⁶

Estudios recientes sobre el VO₂máx sugieren una directa relación entre bajos niveles de VO₂máx y aumento del riesgo cardiovascular.^{36, 37} Se recomienda que el VO₂máx para los hombres sea sobre 44,2 ml/Kg/min y 35,1 ml/Kg/min en mujeres. Bajo estos índices se considera un nivel desfavorable, con un perfil aparente de alto riesgo cardiovascular. Keteyian y cols. logró demostrar que cada 1ml/kg/min en que aumenta el VO₂máx, el riesgo de muerte cardiovascular disminuye en un 15%.³⁸ De forma similar Myers y cols.³⁶ observó que cada 1 MET (3,5 ml/kg/min) aumenta el nivel de supervivencia en un 12% en pacientes con enfermedades cardiovasculares.³⁷

El mantenimiento del VO₂máx es de suma importancia también, ya que es un factor de riesgo independiente en la mortalidad cardiovascular. El mantenimiento del VO₂máx ayuda a disminuir la incidencia de enfermedades crónicas, mayor relajación, mayor rendimiento en pruebas neuropsicológicas de flexibilidad mental y un tiempo más rápido de respuesta.⁴⁰ Además, el VO₂máx disminuye con la edad avanzada 9% por década en sedentarios y 5% en pacientes activos físicamente, contribuyendo a la disminución de la capacidad funcional fisiológica lo que puede llevar a una pérdida de la independencia del adulto mayor y también llevar a una muerte prematura de en relación a la edad en adultos mayores.^{35,41} Por este motivo, la disminución del VO₂máx en edad avanzada es de gran interés para la salud pública.³⁵ Se ha comprobado en hombres y mujeres que realizan ejercicio aeróbico regularmente llegan a la vejez con un VO₂máx mayor que pacientes sedentarios y por lo tanto atenúa la disminución fisiológica del VO₂máx provocado por la edad.³⁵ La FCmáx también disminuye inevitablemente con la edad, y no se encontró beneficios con ejercicio aeróbico regular (al menos 3 veces por semana). Estudios han demostrado que

existe una directa correlación lineal positiva entre el aumento del VO₂máx y la tasa de consumo de ácidos grasos como sustrato energético en la actividad física, en respuesta de la actividad aeróbica que impulsa al sistema oxidativo a la reducción de la masa grasa en el ser humano.⁴² Por lo tanto, todos los antecedentes presentados anteriormente indican que realizar actividad física con regularidad disminuye factores de riesgo cardiovasculares que tomas mucha preponderancia durante la vejez.⁴³

Ácidos grasos poliinsaturados

Por otra parte, los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga como: Omega-3 que tiene tres exponentes, el ácido alfa-linolénico (18: 3 w-3) que por acción de elastasas y desaturasa pueden transformarse en ácido eicosapentaenoide (EPA), ácido graso que según la literatura bioquímica se le da el nombre de 20:5(n-3), por tener una cadena de 20 carbonos con cinco enlaces dobles a partir del carbono número 3; o transformarse el ácido decosahexaenoico (DHA), bioquímicamente llamado C22:6 (n-3), tras tener una cadena de 22 carbonos con 6 dobles enlaces a partir del carbono número ^{3,6}

Por otro lado, tenemos los ácidos grasos Omega-6, ácidos grasos poliintaturados que tienen la peculiaridad de tener el primer enlace doble en el carbono 6, contando los carbonos desde el final de la cadena del ácido graso. Dentro de este tipo de ácido graso, se encuentra el ácido alfa-linoleico cuyo derivado más importante es el ácido araquidónico (AA).^{6, 44}

La ingesta de estos dos tipos de ácidos grasos es de suma importancia para la dieta humana debido a que son imposibles de sintetizar por el ser humano, ya que el organismo carece de las enzimas necesarias para sintetizarlas, por lo que son considerados ácidos grasos esenciales. Por esta razón deben ser incorporados a nuestro organismo mediante la ingesta diaria, encontrándolos principalmente en el aceite de pescado, las semillas de lino, la colza y suplementos alimenticios, en el caso de Omega-3, y en el maíz, que consumen los

animales de cría, que a su vez son ingeridos por el hombre (la mitad de los lípidos que ingerimos provienen de la carne y los productos lácteos), en el omega-6.^{5, 6, 44} En efecto, la ingesta de omega-6 ha aumentado considerablemente en estas cuatro últimas décadas (mayor a 250%) mientras que el consumo de omega-3 ha disminuido en un 40%, de modo que la proporción entre los ácidos omega-6 y omega-3 se ha desequilibrado, según los aportes recomendados. La AFSSA (Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos) recomienda una relación entre el omega-6 y el omega-3 de 5 a 1, en conjunto con la AHA, que recomiendan como mínimo el consumo de 500 mg diarios de Omega-3 (EPA-DHA) mientras que nuestro consumo de dieta occidental es de 15 a 1 aproximadamente y, en Estados Unidos, puede llegar incluso a 40 a 1. Siendo asociado este desbalance a la aparición de enfermedades cardiovasculares infartos cardiacos, ACV, inflamación vascular, cambios de ánimo, obesidad y cáncer.^{45, 46}

Es de esta forma que la recomendación de la AHA es aumentar el consumo de Omega-3 en la dieta occidental, debido a que más allá del equilibrio nutricional que este otorga, múltiples estudios corroboran que gracias a su composición molecular, pueden llegar a formar parte de los fosfolípidos de las membranas celulares, ejerciendo una clara participación sobre la composición de la membrana celular y de esta forma influyendo, en algún grado, la estructura y funcionalidad de la célula, en aspectos tales como el nivel de fluidez y permeabilidad de la membrana, peroxidación lipídica, influencia génica, etc.^{6, 44}

Por esta razón estudios justifican que los ácidos grasos Omega-3 poseen influencia en procesos aterogénicos, incluyendo el metabolismo de los lípidos, presión sanguínea, función vascular, ritmo cardíaco, función plaquetaria y en respuestas inflamatorias, efectos benéficos en relación al sistema cardiovascular, siendo prescrita y recomendada su ingesta en algunos desordenes cardiacos.^{5, 9,44,47} La evidencia de múltiples autores afirman que los efectos positivos del Omega-3 se han encontrado en la población que tiene una ingesta sobre 250 mg/d, reduciendo 36% el riesgo de muerte cardiovascular,^{6,40} y que el consumo de

dos veces por semana reduce la mortalidad total en un 29% en dos años y un 33% para muerte por ACV.^{6,40,48} Normalmente, en promedio en la dieta se consumen hasta 0,952 grs de Omega-3 correspondiente al 0,5% de la ingesta de energía diaria necesaria; se requiere ingerir de 2 a 4 grs. diariamente para tener efectos benéficos (correspondiente al 1% de la energía diaria necesaria).⁴⁴

Respecto a la hipertensión y la suplementación con Omega-3, se han demostrado disminuciones significativas en la presión arterial. Morris y cols. encontró una reducción de -3,4/-2,0 mmHg en la presión arterial sistólica y diastólica en pacientes hipertensos. Por otra parte Appel y cols. estimó una disminución de -1.0/0.5 mmHg en las PAS y PAD respectivamente en normotensos, y -5.5 /-3.5 mmHg en PAS y PAD en hipertensos sin tratamiento, con una ingesta de 3 gr. por día de Omega-3 .⁴⁹ El método de acción de estos ácidos grasos es a través de la disminución de la producción de tromboxano A₂ , un vasoconstrictor endotelial, el aumento de la síntesis del vasodilatador óxido nítrico, mejorando la reactividad y compliance vascular, y un efecto sobre la función del sistema nervioso autónomo^{5,49}

Entre las consecuencias que se producen en enfermedades cardiovasculares encontramos el aumento de las citoquinas inflamatorias, ácido araquidónico, prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos, especies reactivas de oxígeno y moléculas de adhesión. En ingesta relativamente altas de Omega-3, es decir, con un aporte adicional a la dieta normal, existe una disminución de los marcadores de inflamación que actúan directamente sustituyendo, por ejemplo, el AA con un sustrato de eicosanoides derivado de EPA y/o inhibiendo el AA e indirectamente a través de la alteración de la expresión de genes inflamatorios por medio de la activación del factor de transcripción.⁴⁴

Algunos autores también encontraron que el Omega-3 influye en la disminución de la concentración de triglicéridos en el plasma.^{5, 7, 8, 9} Este efecto se logra mediante la combinación de la reducción de la síntesis hepática de triglicéridos y un aumento del clearance de triglicéridos circulantes a nivel

sanguíneo. El mecanismo por el que los ácidos grasos poliinsaturados logran reducir los triglicéridos es una disminución de la síntesis endógena de triglicéridos y a un catabolismo acelerado de la lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) mediada por la lipoproteinlipasa que aumenta su actividad debido al Omega-3 circulante en plasma. De esta forma se prescribe como método de ingesta terapéutica, dosis de 2- 4 gr. de Omega-3 (DHA-EPA) disminuyendo la concentración de triglicéridos en un 30% aproximadamente.^{5, 7, 8, 9}

Además, la presencia de Omega-3 disminuye la producción de moléculas pro-inflamatorias como IL-6, CK, CRP y aumento de las antiinflamatorias, lo que contribuye a una reducción de la inflamación y formación de placas de ateroma, constituyendo un factor protector para enfermedades crónicas.^{15, 50, 44} De esta forma, en condiciones como la obesidad, la diabetes e hipertensión, donde existe un aumento de la respuesta inflamatoria y aumento de la permeabilidad capilar, favoreciendo la liberación de citoquinas y la migración de toxinas para la reparación del tejido dañado como lo es en el caso de la HTA, la ingesta de Omega-3, ya sea mediante alimentos o suplementos, sería beneficiosa.^{44,50}

Los efectos del omega-3 son múltiples pero se hace necesario destacar los siguientes: disminución de la generación de eicosanoides derivados de AA a través de su inhibición y disminución en los fosfolípidos de membrana, disminuyendo así la respuesta inflamatoria. Aumento de la producción de eicosanoides derivados de EPA con menor acción inflamatoria por aumento de EPA en los fosfolípidos de membrana, llevando a una disminución de la producción de citoquinas inflamatorias y de adhesión celular por la alteración de la transcripción, disminución de los lípidos plasmáticos (triglicéridos) por inhibición de la síntesis de LDL y TG a nivel hepático y aumento leve de HDL.^{51,52} Prevención en enfermedades cardiovasculares por reducción de aterosclerosis y disminución del riesgo de enfermedad coronaria.^{53,54} Reducción de la presión arterial, influyendo sobre la musculatura vascular lisa, reducción de la pérdida de calcio intracelular, disminución de la proliferación de células musculares lisas (inhibición

de factores de crecimiento) y aumento de la producción de NO^{55,56} produciendo efectos anti-arrítmicos, a través de su capacidad para inhibir los canales de calcio tipo L en las células cardíacas, lo que aumenta el periodo refractario haciendo que el miocardio sea menos sensible a arritmias cardíacas peligrosas.^{56,57,58} Además, la suplementación con Omega-3 podría mejorar el rendimiento deportivo. Así, se ha demostrado que una dieta rica en aceite de pescado aumenta la deformidad de los glóbulos rojos debido a la incorporación de estos ácidos grasos en la membrana fosfolipídica, dándole mayor capacidad para deformarse al glóbulo rojo mejorando así el proceso de intercambio gaseoso, lo que podría dar lugar a una mejora de la entrega de oxígeno al músculo esquelético y una posterior mejora del rendimiento deportivo.^{59,60}

Después de revisada esta información la presente tesis de pregrado busca investigar la existencia de un efecto de potenciación entre la ingesta de Omega-3 y el entrenamiento de intervalos de alta intensidad en la mejora de variables cardiovasculares, capacidad aeróbica máxima y la composición corporal de estudiantes universitarios sedentarios con sobrepeso.

I. Pregunta de investigación:

¿Es capaz de potenciar la suplementación de Omega-3 los beneficios de un entrenamiento de intervalos de alta intensidad en las variables de rendimiento físico, composición corporal y cardiovascular en jóvenes sedentarios con sobrepeso?

II. Hipótesis de trabajo:

H0: La suplementación de Omega-3 en conjunto con HIIT no potencia los beneficios en las variables de rendimiento físico, composición corporal y cardiovascular en jóvenes sedentarios con sobrepeso.

H1: La suplementación de Omega-3 en conjunto con HIIT potencia los beneficios en las variables de rendimiento físico, composición corporal y cardiovascular en jóvenes sedentarios con sobrepeso.

III. Objetivo general:

Determinar el efecto potenciador de Omega-3 sobre HIIT en la mejora de las variables de rendimiento físico, antropométricas y cardiovasculares en jóvenes sedentarios con sobrepeso.

IV. Objetivos específicos:

1. Determinar cambios provocados con la suplementación de omega-3 y un protocolo de HIIT en las variables de rendimiento físico luego de seis semanas de intervención.
2. Determinar cambios provocados con la suplementación de omega-3 y un protocolo de HIIT en las variables de composición corporal luego de seis semanas de intervención.
3. Determinar cambios provocados con la suplementación de omega-3 y un protocolo de HIIT en las variables cardiovasculares luego de seis semanas de intervención.
4. Comparar los cambios obtenidos en las variables de rendimiento físico, composición corporal y variables cardiovasculares en el grupo de omega-3.
5. Comparar los cambios obtenidos en las variables de rendimiento físico, composición corporal y variables cardiovasculares en el grupo de HIIT.
6. Comparar los cambios obtenidos en las variables de rendimiento físico, composición corporal y variables cardiovasculares en el grupo de omega-3/HIIT.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

I. Diseño de Investigación

La presente investigación tiene un diseño de estudio de enfoque cuantitativo, alcance experimental en un tiempo longitudinal y prospectivo.

II. Universo, población y muestra

Universo: Jóvenes universitarios con sobrepeso

Población: Jóvenes hombres y mujeres sedentarios, con sobrepeso en un rango de edad de 19 a 30 años.

Muestra: 28 jóvenes estudiantes con sobrepeso y sedentarios

- Los participantes fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos de estudio, y distribuida por sexo de forma equitativa:
 1. El primer grupo realizó un protocolo de High Interval Intermittent Training y consumiendo 2 cápsulas diarias de Omega- 3 de 1 gramo cada una (O3+HIIT; n=7).
 2. El segundo grupo realizó el protocolo de High Interval Intermittent Training (HIIT;n=7).
 3. El tercer grupo consumió 2 capsulas de Omega-3 de forma diaria sin modificación en su dieta ni estilo de vida sedentaria (O3; n=7).
 4. El cuarto grupo no realizó ningún tipo de protocolo de intervención.

III. Criterios de Inclusión

- Jóvenes de un rango de edad entre 19- 30 años
- Participantes Sedentarios: que no realicen actividad física 3 veces por semana.
- Participantes con un IMC mayor a 24.9 (kg/m²)
- Participantes con consentimiento informado firmado
- Participantes con disponibilidad de tiempo para realizar los entrenamientos y evaluaciones en los tiempos requeridos.

IV. Criterios de exclusión

- Voluntarios con patologías crónicas o agudas cardiovascular (HTA, diabetes, enfermedad coronaria, insuficiencia cardiaca, tipos de arritmias)
- Participantes con patologías respiratorias crónicas
- Alergia y/o intolerancia a suplementos de Omega-3
- Hábito tabáquico
- Utilización de medicamentos y suplementos de manera cotidiana con efectos cardiovasculares y respiratorios.
- Sujeto incapaz de realizar 30 minutos de protocolo de entrenamiento.

V. Muestra

28 jóvenes sanos sedentarios, sin patologías crónicas respiratorias ni cardiovasculares y sin tener hábito tabáquico, fueron reclutados para el estudio. Previa a la evaluación, los sujetos firmaron un consentimiento informado (Anexo N°1).

VI. Obtención de datos e intervención realizada

Los participantes se presentaron en el Laboratorio de Ciencias del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae una semana antes de comenzar los respectivos protocolos de ejercicio y suplementación, con el fin de realizar su primera evaluación de consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), velocidad máxima, frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$), presión arterial (PA), perímetro cintura-cadera, índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal. El protocolo de evaluación se realizó durante toda una semana entre 17:00 – 20:00 hr. Siendo evaluados por el mismo investigador.

Una vez identificados los sujetos y que cumplieren con los criterios de inclusión, fueron divididos en 4 grupos de 7 personas de forma aleatoria.

Grupos

- Grupo O3+ HIIT: Ingesta de Omega 3 y entrenamiento de HIIT
- Grupo HIIT: Entrenamiento de HIIT
- Grupo O3: Ingesta de Omega-3
- Grupo Control: No realizó ningún protocolo de intervención y suplementación.

Posterior a la formación de grupos, se dio paso a la aplicación del protocolo de ejercicio HIIT, de los grupos HIIT y HIIT+O3. Los participantes realizaron el protocolo tres veces a la semana, durante seis semanas mediante el uso de bicicleta estática. El protocolo de HIIT consistió en 30 segundos de pedaleo alcanzando una frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) del 90%, para luego disminuir la $FC_{m\acute{a}x}$ al 60%, durante 60 segundos, por un periodo de 30 minutos (20 sprint por sesión).²³ La $FC_{m\acute{a}x}$ de cada sujeto fue monitorizada mediante un sensor de frecuencia cardíaca (Polar, modelo RS300X BLK) durante todo el entrenamiento.

Al mismo tiempo del entrenamiento se comenzó el periodo de administración de ácido graso Omega-3 (Vitamin Life Laboratories, USA), en los grupos O3 y HIIT/O3 bajo las indicaciones del consumo de dos gramos de Omega-3, compuestas de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexanoico (EPA y DHA, respectivamente) antes de almorzar, durante un periodo de seis semanas. El grupo control no realizó ningún entrenamiento ni consumió ningún tipo de suplemento alimenticio.

En adición, y posterior a las seis semanas de entrenamiento, los cuatro grupos de estudio se presentaron una semana después al Laboratorio de Ciencias del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae, para realizar la última evaluación de consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), velocidad máxima, presión arterial (PA), perímetro cintura-cadera, índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal. La evaluación se realizó durante una semana entre 16:00 – 20:00 hrs, siendo registrados los datos por el mismo evaluador.

Parámetros Metabólicos y cardiovasculares

Capacidad Aeróbica máxima

Dentro de la evaluación se incluyó el peak de consumo de oxígeno (VO_{2peak}), el cual fue medido a través de un analizador de gases espirados de circuito abierto (Medisoft, Bélgica), la frecuencia cardiaca se controló a través de un monitor Zephyr (HxM, USA) y el índice de esfuerzo percibido (RPE) utilizando una escala Borg 6-20. La prueba de $VO_{2m\acute{a}x}$ fue mediante un test incremental en treadmill, comenzando con una velocidad de 9 km/hr, la cual cada 2 minutos incrementaba su velocidad en 1 km/hr, hasta la máxima velocidad alcanzada en relación al tiempo logrado durante el test. La máxima velocidad alcanzada fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Maxspeed} = V_f + (t/x \cdot a)$$

Donde:

V_f = Velocidad del último escalón completado

t = Tiempo incompleto

x = Duración de cada escalón en segundos

a = Incremento por cada escaló (Km/h)

El índice de esfuerzo percibido fue evaluado durante el test incremental cada dos minutos con una escala de Borg modificada (lamina plastificada), en donde el participante debía señalar su nivel de esfuerzo. El test fue realizado hasta el agotamiento del participante.

En cuanto a la PA, esta se controló a través de un tensiómetro aneroide (Home care, China) y estetoscopio (3M Littman, USA). La técnica de evaluación fue la siguiente:

- Sujeto en posición sedente, con antebrazo izquierdo apoyado en superficie estable a la altura del corazón.
- Localizar arteria braquial para ubicar fonendoscopio.
- El borde inferior del manguito debe estar a 2,5cm sobre la articulación de codo.
- Evaluador debe estar frente al paciente en una posición cómoda
- Palpar el pulso radial e inflar el manguito 30mmHg por sobre el nivel en que desaparece el pulso radial (máxima inflación) correspondiente a presión arterial diastólica
- Esperar 30 segundos para volver a inflar el manguito y llegar al nivel máximo de inflación.
- Desinflar el manguito a 2mmhg por segundo
- Registrar presión sistólica, fase 1 de Korotkov (primero de los ruidos regulares)

- Terminar de desinflar el manguito, descansar un minuto y volver a tomar la presión dos veces mas
- Utilizar el valor promedio de las últimas dos mediciones ³¹

Las pruebas fueron realizadas por el mismo evaluador para todos los sujetos.

Parámetros Antropométricos

Perímetro de cintura

Dentro de la evaluación antropométrica se midió el perímetro de cintura, basada en la técnica del manual de referencia de estandarización antropométrica (Anthropometric Standardization reference manual, Human Kinetics Books, Champaign, Ill. 1988), midiendo en centímetros la circunferencia de cintura en el punto más angosto del tórax (plano frontal). ⁶¹

Índice de Masa Corporal (IMC)

El índice de masa corporal (IMC) fue calculado mediante la medición de la masa corporal en kilogramos, utilizando una pesa digital, y una cinta métrica, para medir la talla de cada individuo en metros. El IMC fue calculada mediante su fórmula matemática $IMC=kg/m^2$.

Para estimar el porcentaje de masa grasa fueron medidos 6 pliegues cutáneos a través de un calíper (Slim Guide, USA) obteniendo los pliegues en milímetros (mm) ⁶¹

En cuanto a la toma de pliegues el procedimiento respetó los siguientes requisitos:

- Los pliegues fueron medidos por el mismo evaluador en todas las evaluaciones.
- El sitio donde fue medido el pliegue fue ubicado previa y correctamente según las marcas anatómicas correspondientes a cada zona de evaluación.
- La medición se realizó en el hemicuerpo derecho de los individuos
- El pliegue se tomó en la línea marcada previamente, se debe pellizcar de tal manera que una doble capa de piel más tejido adiposo subcutáneo se mantenga presionado entre el dedo pulgar y el índice; estos deben estar en línea con la marca del pliegue, precaución de no tomar tejido muscular que se puede evitar haciendo una pequeña rotación del pliegue o pedir contracción muscular.
- Los platillos de compresión del calíper debe ser ubicado un centímetro por debajo del pulgar e índice de un pliegue en posición vertical; ante un pliegue de orientación oblicua se debe tomar a la misma distancia pero con una inclinación de 90° entre el calíper y el pliegue.⁶²
- El calíper debe ser sostenido a 90° de la superficie de la piel.
- La medición se realizó 2 segundos después de haber aplicado la presión del calíper
- Se tomaron tres mediciones de cada pliegue, utilizando la moda o la mediana.
- Se esperó un tiempo de 10 segundos entre la toma del mismo pliegue.⁶³

Técnica por cada pliegue utilizado:⁶³

1. Pliegue tricaptal: se toma en la región posterior que denominamos en la línea proyectada desde anterior entre la línea anterior del acromion y la cabeza radial. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, en la zona media del tríceps, el hombro en leve rotación externa, codo extendido y brazo relajado.

2. Pliegue subescapular: el sujeto debe estar en posición anatómica, el pulgar debe palpar el ángulo inferior de la escápula, se toma en posición oblicua, desde la marca hacia afuera en un ángulo de 45°.
3. Pliegue supraespinal: sobre la línea de la cresta iliaca, el sujeto debe separar el brazo del cuerpo o apoyada sobre el hombro contralateral, el pliegue se pellizca sobre la marca en forma oblicua y evitando la cresta con el pulgar, la marca es en la intersección entre la línea axilar anterior y la prolongación de la línea de la cresta iliaca, entre cinco y siete centímetros sobre la espina iliaca anterosuperior, la tomada se realiza 45° en relación a las marcas.
4. Pliegue abdominal: se toma en sentido vertical paralelo al eje longitudinal del cuerpo, a dos centímetros del ombligo.
5. Pliegue anterior del muslo: paciente en posición bípeda, pliegue se toma desde la línea lateral del muslo, línea media entre el pliegue inguinal y el borde superior de la patela, precaución con tomar tejido muscular subyacente, tomar la medida en sedente.
6. Pliegue de la pantorrilla medial: ubicar el pie derecho sobre un banco, pantorrilla relajada, el pliegue es sentido longitudinal, sobre la cara medial del segmento, a nivel de su máximo perímetro.⁶³

Cada uno de los pliegues fue introducido en la fórmula de masa grasa de Deborah Kerr.⁶⁴ La técnica de medición de pliegues y el cálculo del porcentaje de masa grasa fue basada mediante el protocolo de medición antropométrica de ISAK(International Society for Advancement in Kinanthropometry) y la formula Yuhasz.^{61,63}

Fórmula de Deborah Kerr:

$$S \text{ ADIP: } (TPSF+SSSF+SISF+ ABSF+THSF+MCSF)$$

En donde:

- S ADIP : Sumatoria de pliegues cutáneos
- TPSF = pliegue cutáneo del tríceps
- SSSF = pliegue cutáneo subescapular
- SISF = pliegue cutáneo supraespinal
- ABSF = pliegue cutáneo abdominal
- THSF = pliegue cutáneo frontal del muslo
- MCSF = pliegue cutáneo de la pantorrilla media ^{63,64}

$$Z \text{ ADIP} = [S \text{ ADIP} \cdot (170,18 / HT) - 116,41] / 34,79$$

Donde HT corresponde a altura en cm; 116,14 es sumatoria de los pliegues cutáneos de medidas Phantom; 34,79 de las desviaciones estándar de los pliegues cutáneos de Phantom. ^{63,64}

$$M \text{ ADIP (kg.)} = [(Z \text{ ADIP} \cdot 5,85) + 25,6] / (170,18 / HT)^8$$

En donde

- M ADIP = Masa adiposa (en kg)
- Z ADIP = Score de proporcionalidad Phantom para la masa adiposa
- 25,6 = Constante del método para media de masa adiposa Phantom (en kg)
- 5,85 = Constante del método para desvío estándar de la masa adiposa Phantom (en kg)

Para determinar el porcentaje de grasa se utilizó la fórmula Yuhasz de 6 pliegues

$$\% \text{ grasa} = 0,1051 \cdot \text{sum X} + 2,585 \text{ (Hombres)}$$

$$\% \text{ grasa} = 0,1548 \cdot \text{Sum X} + 3,580 \text{ (Mujeres)}$$

En donde:

- $\text{Sum X} = \text{TPSF} + \text{SSSF} + \text{SISF} + \text{ABSF} + \text{THSF} + \text{MCSF}$

Suplementación con Omega 3

Los voluntarios de los grupos HIIT y HIIT/O3 consumieron 2000 mg de Omega 3 (DHA-EPA), elaboradas y distribuidas por Vitamin Life Laboratories, todos los días con la indicación de ser administradas 2 cápsulas antes de almorzar por un periodo de 6 semanas, sin ninguna modificación en su dieta y su estilo de vida sedentaria. La dosis administrada ha sido justificada en diversas publicaciones, encontrando resultados cardiovasculares significativos con 2 gramos diarios.^{5,7, 8,9}

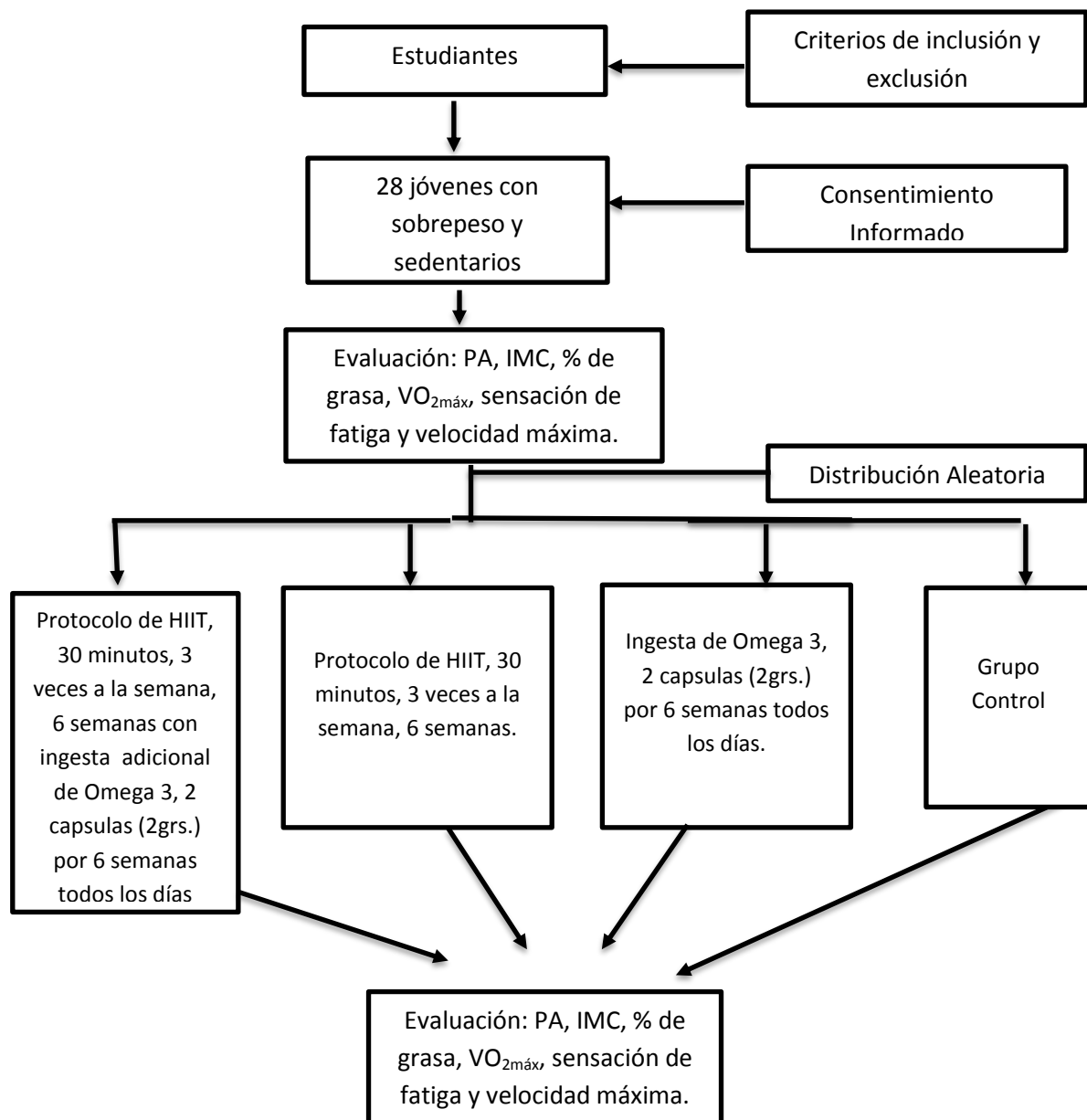
El seguimiento para el consumo de Omega 3 fue realizado vía online y vía telefónica, en conjunto con un sistema online llamado doodle (<http://doodle.com/es/>), en donde se debía registrar el consumo de las cápsulas de forma diaria. Siendo recordados mediante el uso de vías de comunicación informal, tales como la aplicación para Smartphone “Whatsapp”, y pagina web <http://www.facebook.com>. Si según nuestro registro doodle, algún voluntario no registraba su ingesta del suplemento, este era llamado por teléfono para así asegurar el consumo de Omega-3 según el protocolo estimado.

Ejercicio de Intervalos de Alta Intensidad

Las sesiones de HIIT de los grupos HIIT/O3 y HIIT, fueron realizadas 3 veces a la semana, en sesiones de 30 minutos, por 6 semanas consecutivas. El protocolo fue realizado en bicicletas estáticas, en la que los sujetos debían alcanzar un peak del 90% de su $FC_{\text{máx}}$ durante 30 segundos, para luego descansar 60 segundos al 60% de su $FC_{\text{máx}}$ ²³. La $FC_{\text{máx}}$ de cada sujeto fue monitorizada mediante un sensor de frecuencia cardíaca polar, modelo RS300X BLK durante todo el entrenamiento. La obtención de la $FC_{\text{máx}}$ de cada individuo

fue determinada a través de un monitor cardiaco Zephyr (Hmx, USA) obtenido previamente en la evaluación inicial de la primera semana previo al inicio de los protocolos de los grupos de estudio.

Flujograma de procesos de grupos de estudio:



VII. Variables de Estudio

Variables Independientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Ejercicio de Intervalos de alta intensidad	Ejercicio basado en alcanzar 90% de la $FC_{m\acute{a}x}$ durante 30 segundos, para luego disminuir al 60% de la $FC_{m\acute{a}x}$ por 60 segundos, por un periodo de 30 minutos. ²³	
Suplementación de Omega-3	Ingesta de dos gramos diarios de Omega-3 compuestas de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexanoico (EPA y DHA) antes de almorzar, durante un periodo de 6 semanas	

Variables Dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Presión Arterial Sistólica	Es la presión máxima que se alcanza en el sistema vascular durante la contracción del ventrículo izquierdo. ³³	Cuantificada con la obtención de este parámetro en mm/Hg a través de un tensiómetro aneroide (Home care, China) y estetoscopio (3M Littman, USA)
Presión Arterial Diastólica	Es la presión mínima o remanente que se produce en el sistema vascular después de la relajación del ventrículo izquierdo. ⁶⁵	Cuantificada con la obtención de este parámetro en mm/Hg a través de un tensiómetro aneroide (Home care, China) y estetoscopio (3M Littman, USA)
Índice de Masa Corporal	Resultado de la división entre la masa corporal y la talla al cuadrado usado como indicador antropométrico de estado nutricional. ¹⁸	Cuantificada con la obtención de las medidas métricas de la talla (m) y la masa corporal (kg). Se reemplaza en la siguiente fórmula (IMC $\text{Kg/m}^2 = \text{peso/talla}^2$)
Consumo máximo de oxígeno	Definida como la tasa de utilización del oxígeno en condiciones de metabolismo aeróbico máximo.	Medido a través de un analizador de gases espirados de circuito abierto (Medisoft, Bélgica)

	Operacionalmente evaluado a través de litros de oxígeno consumidos por minuto y mililitros de oxígeno consumido por kilogramo de peso por minuto. ⁶⁶	
Velocidad Máxima	Velocidad máxima alcanzada en rendimiento aeróbico de consumo máximo de oxígeno. ⁶⁷	Cuantificada mediante la siguiente ecuación: $\text{Maxspeed} = V_f + (t/x \cdot a)$ Donde: Vf = Velocidad del último escalón completado t= Tiempo incompleto x= Duración de cada escalón en segundos a= Incremento por cada escalo (Km/h)
Porcentaje de masa grasa	Cantidad porcentual de la masa corporal que está compuesta por tejido adiposo. ⁶⁸	Cuantificada mediante la medición milimétrica de 6 pliegues cutáneos (Subescapular, tricipital, supraespinal, abdominal, anterior de muslo y pantorrilla medial). Cada uno de los pliegues fue introducido en la fórmula de masa grasa de Deborah Kerr ⁷⁰ . La técnica de medición de

		pliegues y el cálculo del porcentaje de masa grasa fue basada mediante el protocolo de medición antropométrica de ISAK (International Society for Advancement in Kinanthropometry) y la formula Yuhasz. ^{52,53}
Indice Cintura-cadera	Es la relación que resulta de dividir el perímetro de la cintura de una persona por el perímetro de su cadera. Se utiliza como predictor de enfermedades cardiovasculares. ⁶⁹	Cuantificada con la obtención de las medidas métricas del perímetro de la cadera y cintura, se reemplaza en la siguiente fórmula. ICC = Cintura (cm) / Cadera (cm).
Masa Corporal	La magnitud física que permite indicar la cantidad de materia que contiene un cuerpo se conoce como masa. La unidad de masa en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg). ⁶⁸	Cuantificada en kilogramos a través de una pesa digital (Tanita,USA).

VII. Análisis Estadístico

Se realizó estadística descriptiva con cálculos de media (X) y desviación estándar (SD) para todas las variables dependientes.

Se utilizó un ANOVA de dos vías con medidas repetidas para la comparación de los tiempos pre y post intervención de las variables VO₂máx (relativo y absoluto), porcentaje de grasa corporal, masa corporal, índice de masa corporal, velocidad máxima y sumatoria de pliegues. Si un efecto principal significativo era encontrado, se realizó un post-hoc utilizando el test de Fisher LSD.

También se utilizó un ANOVA de una vía para comparar los cambios producidos dentro de una misma variable a lo largo del tiempo.

Todo análisis estadístico fue realizado con el software IBM SPSS Statistics 21 para Mac (SPSS Inc., IBM Company, Armonk, NY, USA). El nivel de significancia fue de $P < 0.05$.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

El análisis de varianza (ANOVA) de dos vías arrojó un efecto de interacción (grupo por tiempo) de $P=0.012$ para la variable VO_{2peak} absoluto, y el análisis de comparación múltiple evidenció los siguientes resultados como lo muestra la Figura 1A, el VO_{2peak} absoluto mostró un aumento del 4.03% ($P=0.004$) desde 2.14 ± 0.49 L/min a 2.23 ± 0.51 L/min en el grupo de HIIT. En el grupo de Omega-3/HIIT hubo cambios mayores ($P=0.013$) con un aumento del 10.86%, desde 2.38 ± 0.63 L/min a 2.67 ± 0.64 L/min. El VO_{2peak} absoluto (Figura 1B) mejoró significativamente en el grupo de Omega-3/HIIT ($\Delta=0.29 \pm 0.22$ L/min; $P=0.004$) en comparación al grupo control ($\Delta=-0.03 \pm 0.1$ L/min), al grupo HIIT ($\Delta=0.09 \pm 0.05$ L/min; $P=0.018$) y al grupo Omega-3 ($\Delta=-0.01 \pm 0.22$ L/min; $P=0.005$).

El ANOVA de dos vías evidenció una tendencia a un significativo efecto de interacción (grupo por tiempo) de $P=0.055$ en el VO_{2peak} relativo, como lo muestra la Figura 2A. Sin embargo, como lo muestra la Figura 2B, el análisis inferencial de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar las diferencias entre las magnitudes de cambio (Δ = delta de cambio) mostro que el cambio (Post – Pre) de VO_{2peak} relativo tuvo un delta mayor en el grupo de Omega-3/HIIT ($\Delta=3.76 \pm 2.94$ ml/kg/min;) en comparación con el grupo control ($\Delta=-0.81$ ml/kg/min ± 1.68 ; $P=0.004$), pero no así con los grupos HIIT ($P=0.151$) con un delta ($\Delta= 1.66 \pm 1.79$ ml/kg/min; $P=0.151$), y el grupo de Omega-3 ($\Delta=1.07 \pm 3.59$ ml/kg/min; $P=0.07$).

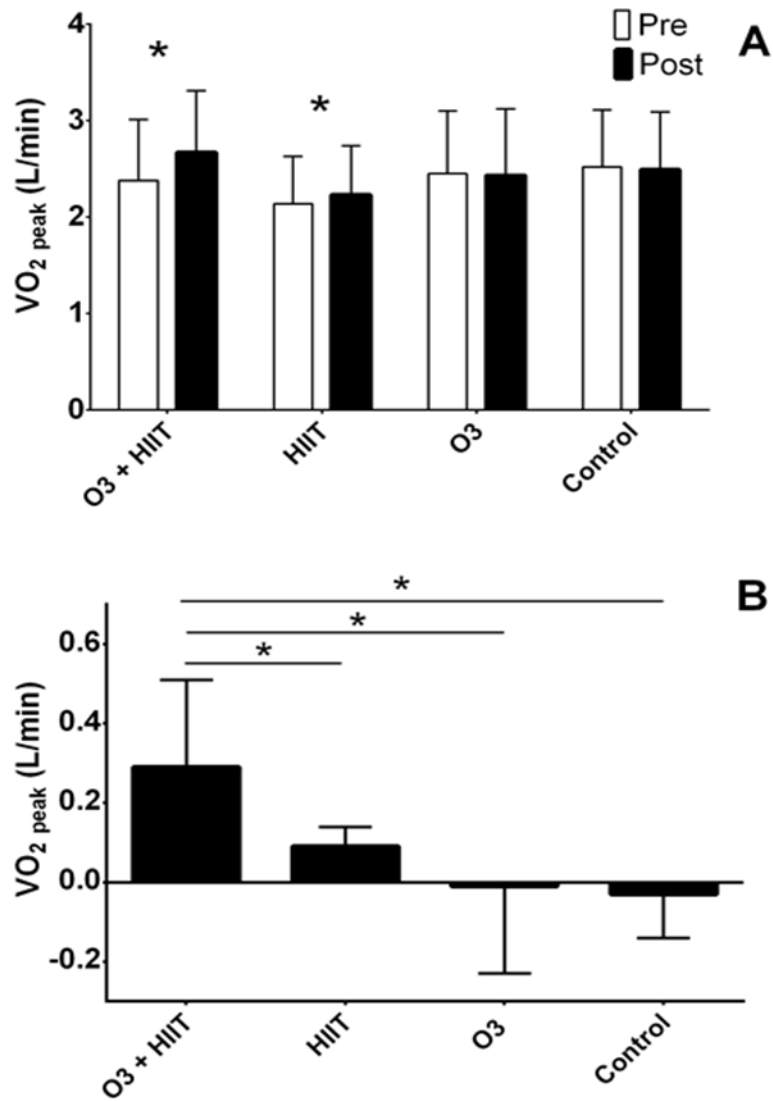


Figura 1: Consumo de oxígeno absoluto. **A)** Comparación del VO_{2peak} absoluto entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en VO_{2peak} absoluto después de la intervención ($\Delta = \text{Post} - \text{Pre}$). *: Diferencia estadísticamente significativa.

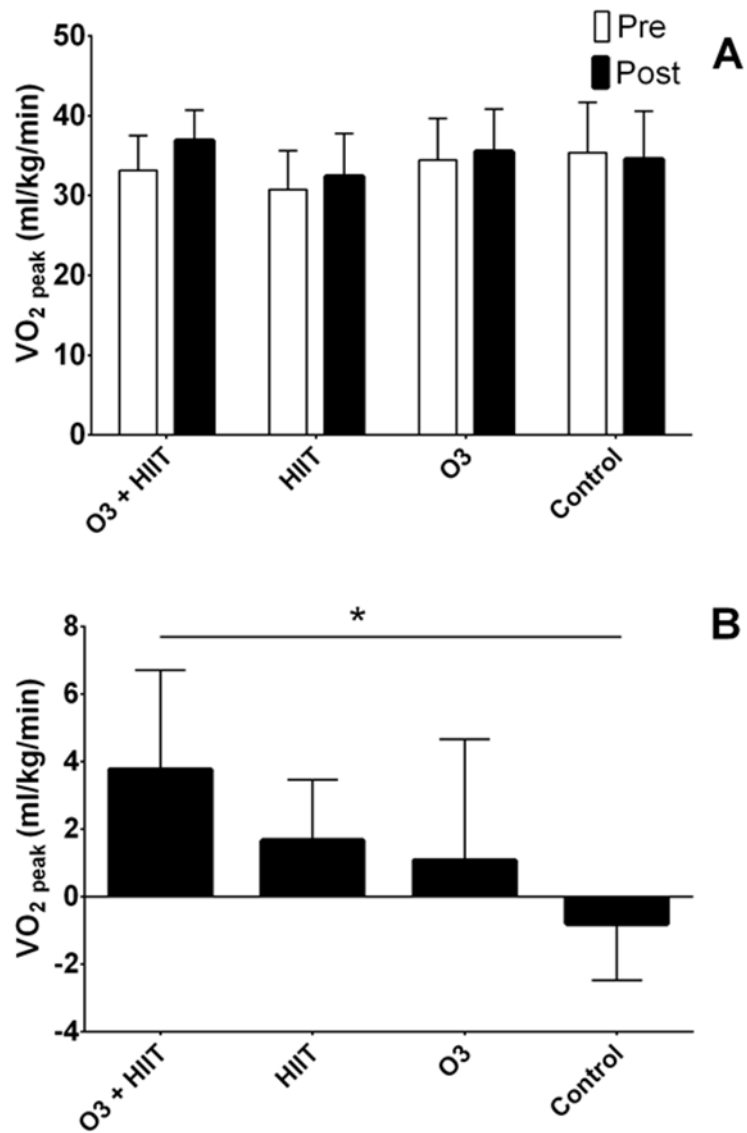


Figura 2: Consumo de oxígeno relativo a la masa corporal. **A)** Comparación del VO_{2peak} relativo entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en VO_{2peak} relativo después de la intervención ($\Delta = \text{Post} - \text{Pre}$). *: Diferencia estadísticamente significativa.

Como lo muestra la Figura 3A, el ANOVA de dos vías mostró un significativo efecto de interacción ($P=0.002$), mostrando que el rendimiento físico evaluado por la velocidad máxima durante el test incremental, mejoro en el grupo de HIIT en un 10.65% ($P=0.006$) de 11.32 ± 0.75 Km/h a 12.67 ± 0.73 Km/h y en el grupo de Omega-3/HIIT aumentó un 6.66% de 12.32 ± 1.19 Km/h a 13.20 ± 1.24 Km/h.

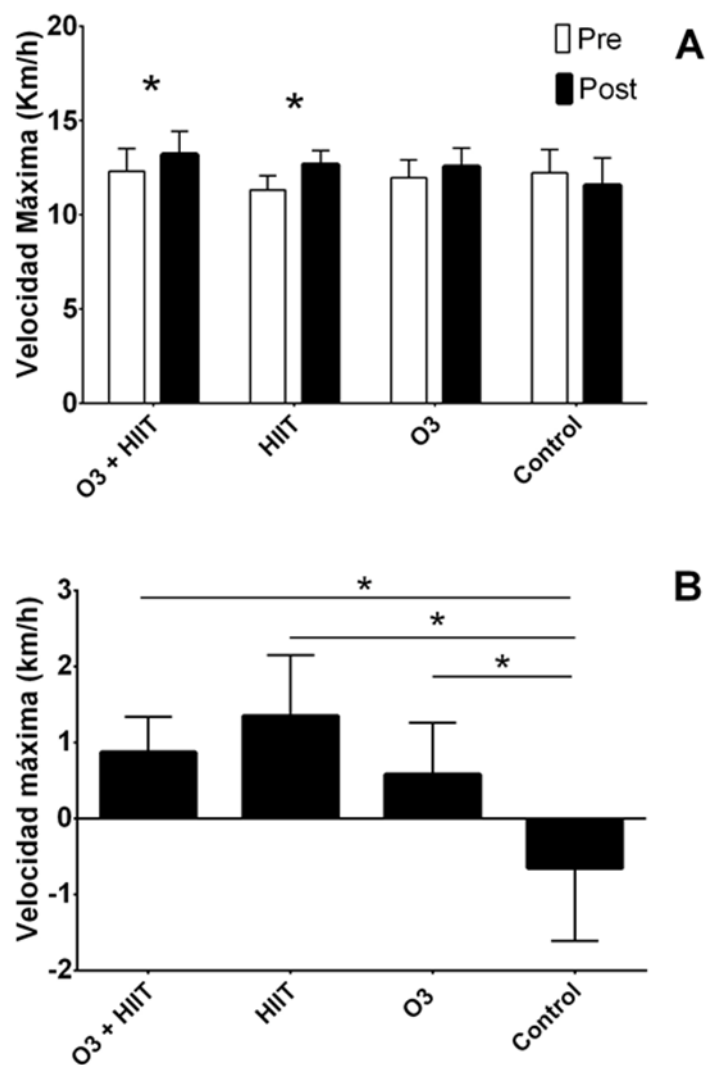


Figura 3: Velocidad Máxima. **A)** Comparación del Velocidad Máxima entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en Velocidad Máxima después de la intervención (Δ =Post-Pre). *: Diferencia estadísticamente significativa.

El ANOVA de una vía mostró diferencias significativas ($P=0.00045$) en la comparación de los cambios después de la intervención, y el post hoc test arrojó que todos los grupos fueron estadísticamente diferentes en comparación al grupo control, lo que se grafica en la Figura 3B. En el grupo de HIIT se encontró una mejora de $\Delta=1.35 \pm 0.80$ Km/h ($P=0.000058$), el grupo Omega-3 de $\Delta=0.58 \pm 1.67$ Km/h ($P=0.006$) y el grupo de Omega-3/HIIT de $\Delta=0.87 \pm 0.47$ Km/h ($P=0.001$) en comparación con el grupo control ($\Delta=-0.65 \pm 0.96$ Km/h).

Presión arterial

EL ANOVA de dos vías mostró un significativo efecto de interacción ($P=0.002$) para la variable PAS, evidenciado en la Figura 4A. La PAS en el grupo de Omega-3 tuvo una disminución mayor (6.84%; $P=0.006$) de una PAS de 125.14 ± 10.90 mmHg a 116.57 ± 5.97 mmHg.

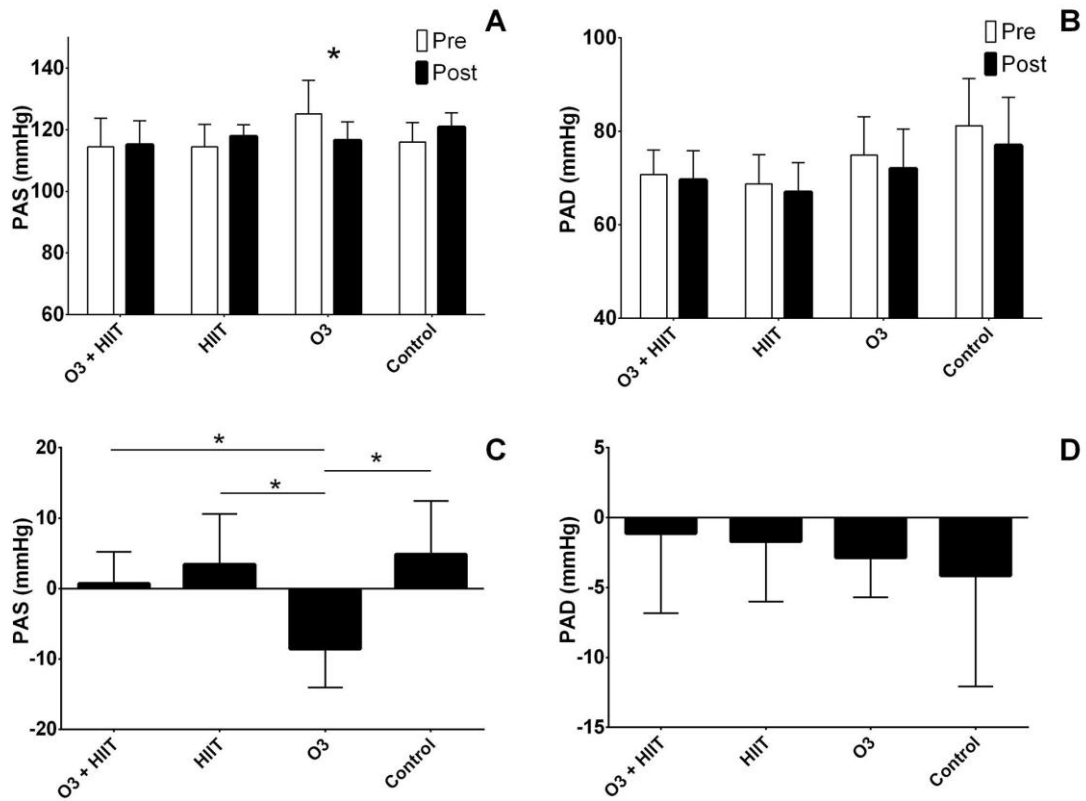


Figura 4: Presión Arterial **A)** Comparación de PAS entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de PAD entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **C)** Comparación de los cambios en PAS después de la intervención (Δ =Post-Pre). **D)** Comparación de los cambios en PAD después de la intervención (Δ =Post-Pre). *: Diferencia estadísticamente significativa.

En el ANOVA de una vía, la PAS mostró mejoras, es decir, bajó sus valores mayormente en el grupo de Omega-3 (Δ = -8.57 ± 5.47 mmHg; $P=0.001$), como sugieren los gráficos de la Figura 4C en comparación con el grupo control (Δ = 4.86 ± 7.56 mmHg). La PAS también fue mejor en el grupo de Omega-3 que en el grupo HIIT (Δ = -3.43 ± 7.19 mmHg; $P=0.002$) y mejor que el grupo Omega-3/HIIT (Δ = 0.71 ± 4.50 mmHg; $P=0.013$). Para complementar la variable de PA, la PAD no tuvo cambios significativos en los grupos de estudio intervenidos.

Composición corporal

Como nos grafica la Figura 5A, el ANOVA de dos vías mostró un efecto de interacción significativo ($P=0.043$) para la variable masa corporal (MC), en donde la MC tuvo un aumento significativo solamente en el grupo de Omega-3/HIIT de un 0.93% ($P=0.032$) desde 70.9 ± 11.01 Kg a 71.57 ± 10.98 Kg.

La MC tuvo cambios significativos evidenciados en el análisis de ANOVA de una vía ($P=0.030$), mostrando que en el grupo de Omega-3 es estadísticamente diferente con respecto a los otros grupos de intervención como lo muestra la Figura 5B. El grupo de Omega-3 ($\Delta=-2.63 \pm 3.21$ Kg;) fue mejor que el grupo control ($\Delta=0.61 \pm 0.79$ Kg; $P=0.010$), el grupo de HIIT ($\Delta=-0.56 \pm 2.54$ Kg; $P=0.087$), y grupo de Omega-3/HIIT ($\Delta= 0.67 \pm 0.64$ Kg; $P=0.009$).

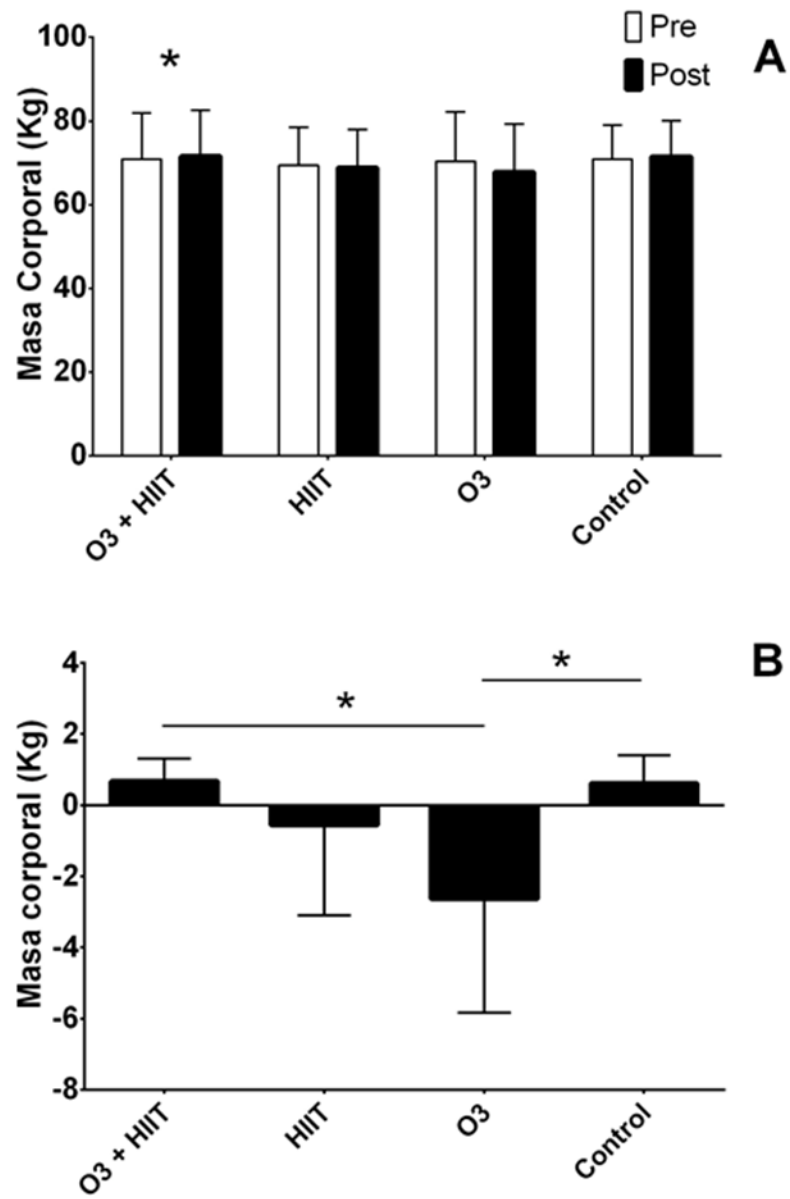


Figura 5: Masa Corporal. **A)** Comparación del MC entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en MC después de la intervención ($\Delta = \text{Post} - \text{Pre}$). *: Diferencia estadísticamente significativa.

EL ANOVA de dos vías mostró un significativo efecto de interacción ($P=0.025$) para la variable IMC, evidenciado en la Figura 6A. El IMC tuvo un aumento significativo en el grupo de Omega-3/HIIT desde $25.08 \pm 1.63 \text{ Kg/m}_2$.

El IMC tuvo diferencias significativas cuando las magnitudes de cambio fueron comparadas con el método de ANOVA de una vía ($P=0.016$). Este mostro que en el grupo de intervención con Omega-3 tuvo un cambio mayor en el ($\Delta= -1.60 \pm 1.91 \text{ Kg/m}_2$;) que en el grupo control ($\Delta=0.14 \pm 0.35 \text{ Kg/m}_2$; $P=0.007$), mayor que el grupo de HIIT ($\Delta= -0.17 \pm 0.91 \text{ Kg/m}_2$; $P=0.023$) y mayor que el grupo de Omega-3/HIIT ($\Delta=0.24 \pm 0.26 \text{ Kg/m}_2$; $P=0.005$) como lo muestra la Figura 6B.

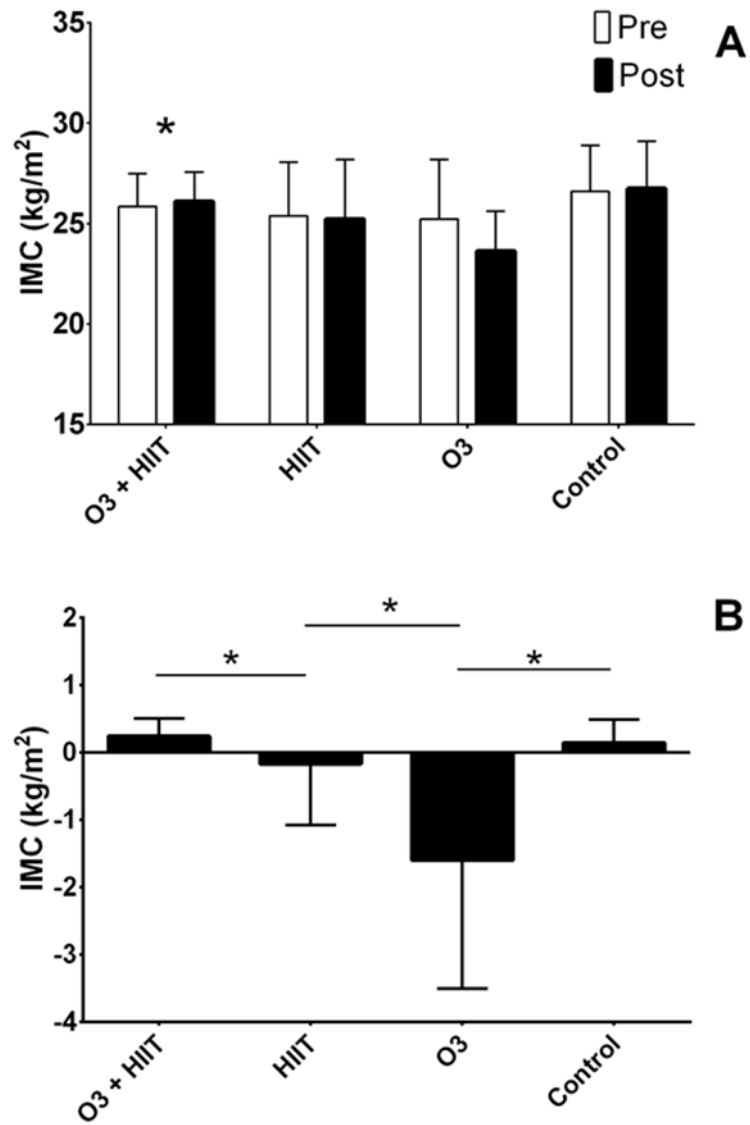


Figura 6: Índice Masa Corporal. **A)** Comparación del IMC entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en IMC después de la intervención (Δ =Post-Pre). *: Diferencia estadísticamente significativa.

La sumatoria de pliegues encontramos diferencias significativas en todos los grupos intervenidos y según lo establecido por el ANOVA de dos vías ($P=0.001$), el cual se demuestra en la Figura 7A. El grupo de Omega-3 disminuyó un 23.66% ($P=0.002$) de 147.29 ± 26.49 mm a 112.43 ± 18.66 mm. En el grupo de HIIT bajó un 19.07% ($P=0.049$) de 136.29 ± 28.63 mm a 110.29 ± 20.05 mm y el grupo de Omega-3/HIIT disminuyó un 22.56% ($P=0.000152$) de 149.43 ± 21.17 mm a 115.71 ± 15.89 mm.

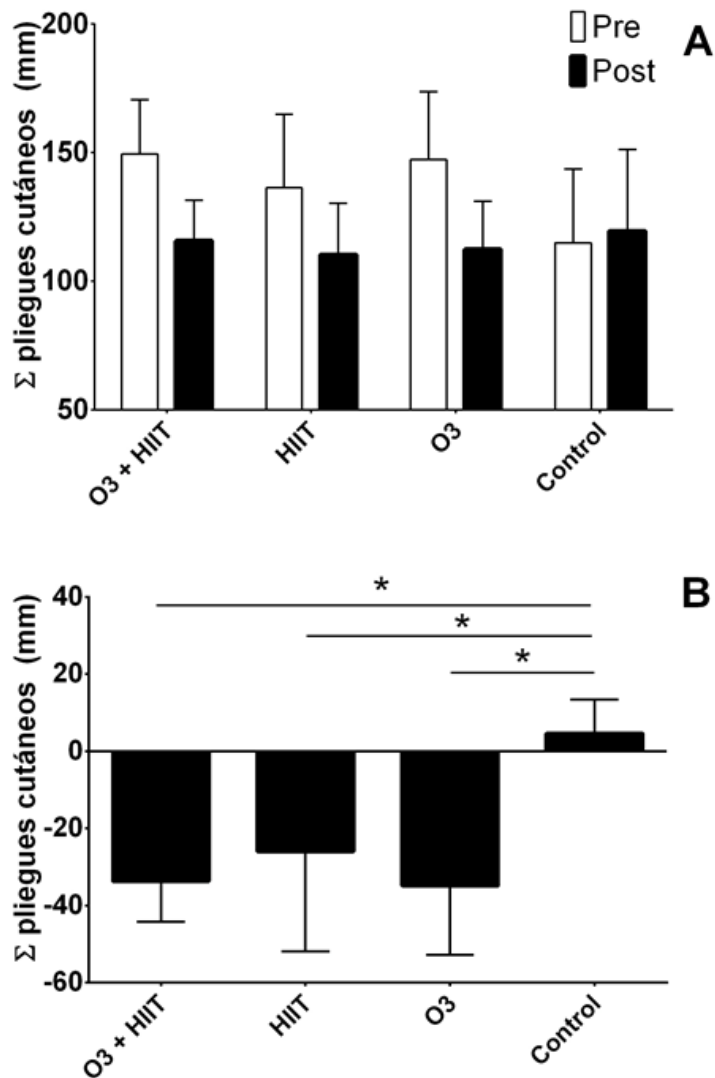


Figura 7: Σ pliegues cutáneos. **A)** Comparación de Σ pliegues cutáneos entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en Σ pliegues cutáneos después de la intervención (Δ =Post-Pre). *: Diferencia estadísticamente significativa.

Como establece el ANOVA de una vía hubo valores significativos ($P=0.001$) en la comparación de los cambios en la sumatoria de pliegues. El cambio más importante fue en el grupo con ingesta de Omega-3, sin embargo los otros dos grupos también arrojaron cambios significativos con respecto al grupo control. El grupo Omega-3 mostró una diferencia mayor ($\Delta= -34.86 \pm 17.99$ mm) que el grupo control ($\Delta=4.57 \pm 8.8$ mm; $P=0.000041$), el grupo de HIIT fue mayor ($\Delta= -26 \pm$

25.85 mm $P=0.004$) con respecto al grupo control y de igual forma el grupo Omega-3/HIIT tuvo mayor diferencia que el grupo control ($\Delta= -33.71 \pm 10.58$ mm; $P=0.001$).

El porcentaje de grasa tuvo cambios importantes en los tres grupos de intervención de acuerdo al método de ANOVA de dos vías ($P=0.000191$). La figura 8A muestra que en el grupo Omega-3 disminuyó un 17.42% ($P=0.007$) de 22.44 ± 5.70 mm a 18.53 ± 5.28 mm. En HIIT disminuyó un 20.15% ($P=0.00412$) de 22.97 ± 5.80 mm a 18.34 ± 4.57 mm. En Omega-3/HIIT bajo un 19.21% ($P=0.001$) de 22.85 ± 5.11 mm a 18.46 ± 3.38 mm.

El cambio en el porcentaje de grasa fue mayor ($P=0.000035$) en todos los grupos intervenidos con respecto al grupo control como se muestra en la Figura 8B. En el grupo de Omega-3 fue mayor la diferencia en el porcentaje de grasa ($\Delta=-3.91 \pm 2.59\%$; $P=0.00002$) en relación al grupo control ($\Delta= 0.80 \pm 1.02\%$). El grupo de HIIT tuvo un cambio importante en el porcentaje de grasa ($\Delta=-4.62 \pm 1.61\%$; $P=0.00003$) con respecto al grupo control, como también el grupo de Omega-3/HIIT tuvo una diferencia mayor ($\Delta= -4.39 \pm 1.94\%$; $P=0.00003$) en relación al grupo control.

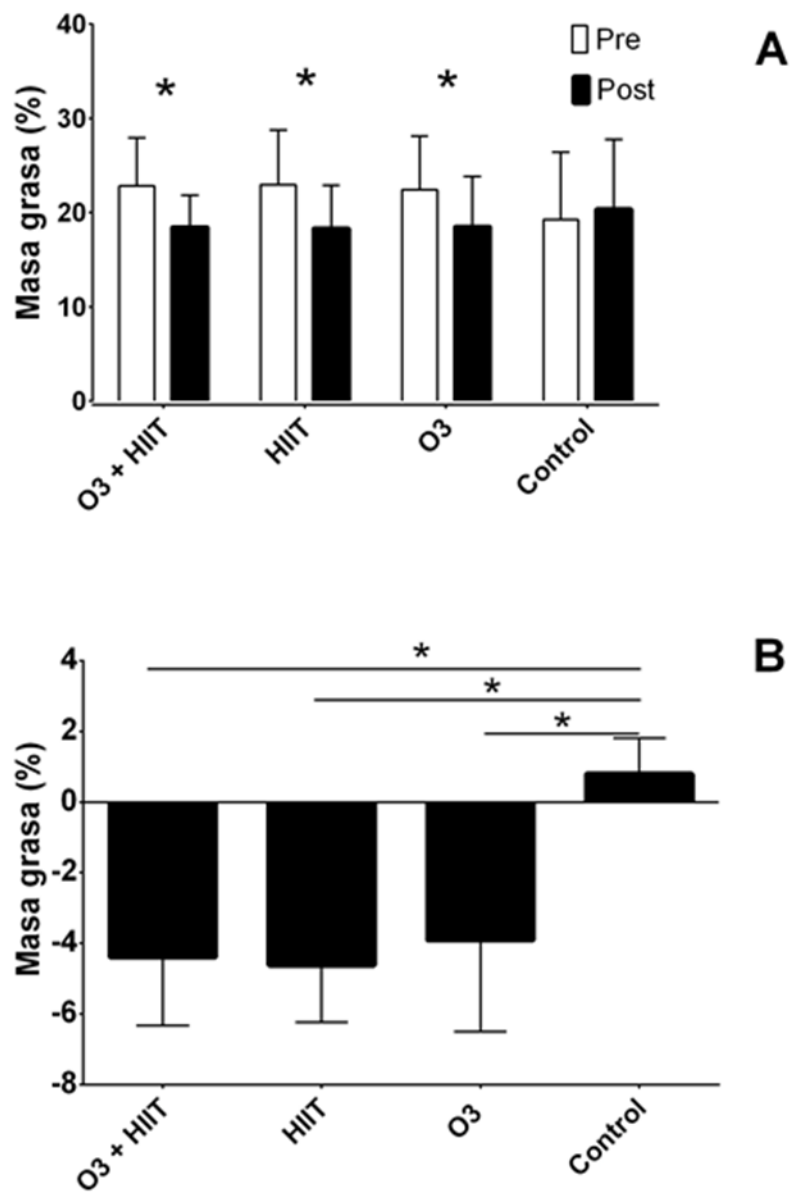


Figura 8: Masa grasa. **A)** Comparación de Masa grasa entre grupos de estudio antes y después de la intervención, **B)** Comparación de los cambios en Masa grasa después de la intervención (Δ =Post-Pre). *: Diferencia estadísticamente significativa.

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

En la presente investigación se intervinieron tres grupos. Donde el primer grupo consumió 2 gr. de suplementación con ácidos grasos Omega-3; el segundo fue sometido a un protocolo de entrenamiento HIIT y en el tercer grupo se realizó una combinación de ambas intervenciones; además de un grupo control que no fue intervenido. El propósito de esta investigación era comprobar si la suplementación de Omega-3 en conjunto con un protocolo de HIIT tenía un efecto potenciador en las variables de rendimiento físico, cardiovasculares y composición corporal en jóvenes sedentarios con sobrepeso. Los resultados más importantes en este estudio fueron el aumento del $VO_{2\text{ peak}}$ absoluto en el grupo Omega-3 combinado con HIIT, un aumento significativo de la velocidad máxima en todos los grupos de intervención en relación al grupo control, la disminución de la PAS en el grupo que consumió Omega-3, la disminución del porcentaje de grasa corporal y sumatoria de pliegues en todos los grupos de intervención con respecto al grupo control, y la disminución del IMC y MC en el grupo que solo consumió Omega-3. De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestro trabajo nuestra hipótesis de investigación se acepta parcialmente ya que sólo se potenció la variable de $VO_{2\text{ peak}}$ con la combinación de suplementación de Omega-3 y entrenamiento de HIIT. Con el objetivo de discutir de forma más clara nuestros resultados, este capítulo se estructurará en el siguiente orden: en primer lugar discutiremos las variables de rendimiento físico, luego las cardiovasculares y por último las variables de composición corporal.

Según los resultados reportados en el presente estudio, se encontró que el $VO_{2\text{ peak}}$ absoluto mejoró 4.03% y 10.86% en los grupos HIIT y Omega-3/HIIT, respectivamente. Interesantemente, el grupo de Omega-3/HIIT evidenció la existencia de un efecto potenciador entre HIIT sumado a una suplementación con Omega-3, reflejada por una diferencia significativa al realizar la comparación estadística del grupo Omega-3/HIIT en relación al grupo de HIIT, Omega-3 y grupo

control. Las potenciales razones a este hallazgo se fundamentan en los resultados obtenidos bajo una sólida base científica que refiere un aumento significativo del $VO_{2m\acute{a}x}$ en protocolos de HIIT, con un rango de tiempo de entrenamiento similar de 6-8 semanas.^{6, 69, 83,84} Así, Gibala y cols (2012), determinaron que esta mejoría del $VO_{2m\acute{a}x}$ podría ser provocada por un aumento del gen de transcripción mitocondrial por la activación de la proteína AMP kinasa (AMPK) y P38 activador mitógeno (MAPK), que en conjunto con la activación de la proliferación de peroxisoma, participaban como reguladores de la biogénesis mitocondrial, que por ende tendría un efecto importante en los controles y beneficios del sistema oxidativo.⁴⁸ Sumado a esto, una investigación de Nodari y cols (2011),¹⁷ logró demostrar que la ingesta de 2 gramos diarios de Omega-3 por un periodo de 12 meses en personas sedentarias, eran suficientes para lograr un aumento significativo en el consumo máximo de oxígeno,¹⁷ efectos que Roger A Vaughan y cols especificaron al encontrar el aumento de precursores de la biogénesis mitocondrial tales como PGC-1 α , posterior a 48 hrs de administración de Omega-3 a células de rhabdomyosarcoma humano, lo que podría explicar el efecto oxidativo y potenciador del Omega-3 al ser combinado con los efectos oxidativos de HIIT. Entonces al combinar HIIT y Omega-3 tendrían efectos similares como precursores de la biogénesis mitocondrial potenciando el efecto oxidativo de ambas partes y resultando en un aumento del $VO_{2m\acute{a}x}$.

Nuestra postura respecto al mayor aumento del VO_{2peak} absoluto en el grupo de Omega-3/HIIT se fundamenta en la incorporación de la suplementación de Omega-3, ya que en el grupo de HIIT también mostró un aumento, pero no fue significativo con respecto a los demás grupos de estudio. Lo que respalda la hipótesis del efecto potenciador de la suplementación de Omega-3 en conjunto con el protocolo de HIIT. Además, debemos considerar que el VO_{2peak} relativo aumentó en el grupo de Omega-3, pero disminuyó el VO_{2peak} absoluto en el mismo grupo, esto se debe posiblemente a que al normalizar el VO_{2peak} con la masa corporal, la pérdida de masa corporal pudo influir en el producto de esta variable. Lo que evidenciaría que la suplementación con Omega-3, por sí solo, no mejora el

VO_{2peak}, pero si en conjunto con el HIIT logrando mejorar el rendimiento. Esto apunta al HIIT como el factor más importante en las mejoras del VO_{2peak} encontradas. Para apoyar aún más nuestra hipótesis, en el grupo de Omega-3/HIIT se observó un aumento significativo del VO_{2peak} relativo en comparación al grupo control, aun cuando la masa corporal promedio aumento en los participantes.

Respecto a las variables cardiovasculares, nuestros resultados mostraron que la PAS disminuyo 6.84% después de la ingesta de Omega-3 por seis semanas, además esta disminución fue significativa respecto a los grupos de Omega-3/HIIT, HIIT y grupo control. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la PAD.

Miller y cols realizaron un meta-análisis donde compararon los efectos dela suplementación con omega-3 tanto en normotensos como hipertensos y la relación dosis-efecto. Los autores, encontrando que hay efectos significativos en la reducción de la PAS con dosis menores de dos gramos en personas con hipertensión, pero esto no se repetía en personas normotensas y que recién encontraban efectos significativos al dar una dosis mayor o igual a 2 gramos de capsulas de aceite de pescado. Además, la PAD sufrió cambios al dar dosis mayores a 3 gramos de DHA y EPA.⁷³

Según estudios realizados a largo plazo, los efectos crónicos que produce el HIIT en las variables de presión arterial comienzan a tener cambios significativos a las 16 semanas de intervención en personas normotensas. Por lo que esto podría justificar el por qué en nuestro estudio no hubo potenciación al combinar ambos protocolos de intervención. Dicho esto sería recomendable realizar un estudio a más largo plazo para comprobar si existe un efecto potenciador entre la suplementación de omega-3 y el protocolo de HIIT.⁷⁴ Los beneficios encontrados en la disminución de la PAS pueden deberse a que el omega-3 disminuye la presión arterial al regular y disminuir la producción de tromboxano A2 un potente vasoconstrictor endotelial y aumenta la producción de

óxido nítrico, mejorando la compliance vascular.^{5, 49} Mismo efecto que tiene el ejercicio físico, que además disminuye la rigidez endotelial, pero los cambios realizados por el ejercicio se ven a más largo plazo. Por lo que sería recomendable realizar un estudio con una intervención más extensa para comprobar si existe un efecto potenciador entre la suplementación de omega-3 y el protocolo de HIIT en la PAS.

Por lo tanto, nuestros resultados están de acuerdo a la literatura, y es probable que una suplementación de 2 gr. de Omega-3 por día durante seis semanas tenga un efecto significativo disminuyendo la PAS sobre todo en pacientes hipertensos. Los mecanismos por los cuales el Omega-3 induce la disminución de la PAS aún no están muy claros, pero se cree que por el efecto antiinflamatorio que posee el aceite de pescado, al disminuir del tromboxano A2 y al aumento en la producción de ON, mejora la función endotelial y por lo tanto disminuye la presión arterial.^{5, 49} Sin embargo, necesario hacer más investigación para esclarecer los mecanismos por los cuales la suplementación con ácidos grasos Omega-3 disminuye la PA.

Por otro lado, en las variables de la composición corporal, el porcentaje de grasa y sumatoria de pliegues disminuyó un 17.42%, 20.15% y 19.21% en los grupos de Omega-3, HIIT y grupo Omega-3/HIIT, respectivamente. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos de Omega-3/HIIT, HIIT y Grupo Omega-3, pero si estos disminuyeron significativamente respecto al grupo control. Nakatani y cols mostraron que el consumo de DHA y EPA inhiben la actividad de la sintetasa de ácidos grasos en el hígado y tejido adiposo; inhiben la diferenciación de pre-adipositos y aumentan la apoptosis de estos; también evidenciaron efectos en el sistema nervioso simpático, leptina y adiponectina encargados de la regulación de la grasa corporal, disminución de la sensación de hambre y aumento de la saciedad posprandial.⁷³ Adicionalmente, Kunesova y cols mostró que la suplementación con Omega-3 aumenta la pérdida de peso sumado a una dieta significativamente más que la dieta por si sola.⁷⁴

Thorsdotti y cols encontró en hombres jóvenes con sobrepeso, que la ingesta de Omega-3 produce mayor pérdida de peso que el grupo control después de cuatro semanas de suplementación.⁶⁸ En este estudio se organizaron cuatro grupos de estudio, un control que consumía aceite de maravilla (placebo), un grupo que consumía pescado magro, otro grupo que consumía pescado graso y por último uno con ingesta del suplemento en capsulas equivalente a la cantidad consumida en los otros grupos (2 gr).⁶⁸ Los resultados de este estudio mostraron lo siguiente: el grupo control perdió 3.55 kg; el segundo grupo que consumía pescado magro bajó 4.35 kg; el grupo de consumo de pescado graso disminuyó 4.50 kg; el grupo de consumo de aceite de pescado en capsulas perdió 4.96 kg. Todos perdieron peso después de las 4 semanas de intervención.⁶⁸

Micallef y cols reportaron que la pérdida de peso y masa grasa inducida por la suplementación de Omega-3 se debe en parte a que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga aumentan la oxidación basal de ácidos grasos gracias a la biogénesis mitocondrial. En este estudio se realizó modificación de la dieta (con consumo de alimentos ricos en Omega-3 por lo menos 3 veces por semana). Se observaron cambios significativos en IMC, circunferencia de cintura y cadera y masa grasa.⁷⁵ Por otro lado, Harden y cols evidenciaron que la suplementación con 2.8 grs de Omega-3 (específicamente DHA) por 12 semanas no mostró diferencias significativas en bajar IMC o porcentaje de masa grasa pero hubo una tendencia a la disminución.⁷⁶ Sin embargo, este estudio se realizó en personas de entre 23 y 60 años, resultando ser una muestra heterogénea con amplio rango de edad con lo que debemos considerar la respuesta de cada individuo (interindividualidad) a la ingesta de Omega-3, además de mencionar que a partir de la tercera década de vida el ser humano comienza a perder fibras musculares en forma selectiva, si bien se pierden mayor cantidad de fibras rápidas glicolíticas, también se pierden fibras lentas oxidativas lo que derivaría en una menor capacidad de oxidar grasas y que no llevan a cambios significativos en la composición corporal.⁷⁷

En otro estudio se evaluó a través de impedancia eléctrica el efecto de la suplementación con Omega-3 e intentaron establecer los cambios que se provocaban en IMC, masa grasa y composición corporal en mujeres obesas (IMC>30) adultas. Se incluyó un grupo placebo, un grupo que consumía un gramo de Omega-3 y por último uno que consumía dos gramos del suplemento. A estos grupos se les sumaba una dieta hipocalórica y ejercicio aeróbico (caminata de 30 minutos 3 veces por semana).⁷⁸ Sus resultados mostraron una disminución estadísticamente significativa de la masa corporal, IMC y masa grasa. Así, a partir de nuestros resultados, podemos establecer que la disminución las variables de composición corporal se deben principalmente a modificaciones fisiológicas que produce el Omega-3, debido posiblemente a las siguientes causas: inducción de la actividad termogénica del tejido adiposo; aumento de la expresión de las proteínas desacopladoras (UCP2) en el tejido adiposo; aumento de la oxidación de grasas en hepatocitos y adipocitos por aumento de enzimas (carnitin palmitoiltransferasa) del sistema de oxidación lipídica mitocondrial, asociado al consumo de EPA; estimulación de la beta oxidación peroxisomal en el hígado por aumento de la coenzima oxidasa de ácidos grasos.⁷⁹

El efecto del ejercicio en las variables de composición corporal tiene que ver en gran medida al aumento del gasto metabólico, lo que aumentaría la oxidación de las grasas y disminuiría los depósitos de grasa en el organismo previniendo su acumulación y posteriores complicaciones como obesidad y comorbilidades. Es sabido que el ejercicio físico es un potente estimulador fisiológico que provoca adaptaciones que mejoran la eficiencia metabólica de los músculos y específicamente en el entrenamiento HIIT se producen efectos positivos en el aumento de las enzimas oxidativas y glicolíticas a través del aumento significativos de los transportadores de los procesos oxidativos (biogénesis mitocondrial).⁷⁹ Además de tener estos efectos en los procesos de translocación y metabolismo de lípidos lo que deriva en una disminución del porcentaje de grasa si esta actividad de ejercicio se mantiene con una frecuencia en el tiempo.⁷⁹ Por lo tanto según lo anteriormente mencionado sobre los efectos positivos del Omega-3

sumado a los beneficios del HIIT deberíamos haber observado una potenciación y disminución significativa del porcentaje de grasa. Pero por el contrario no se vio este cambio a nivel del IMC y MC, lo que podría ser atribuible a un aumento de la masa muscular en el ejercicio, ya que en los dos grupos en que se aplicó un protocolo de entrenamiento de HIIT hubo aumento de la MC e IMC.⁸⁰

Astorino y cols mostró en sus resultados que después de realizar una intervención en mujeres sedentarias jóvenes con un VO_{2peak} en promedio de 30 ml/kg/min, completaron un protocolo de HIIT al 80-90% (6-10 de 60 segundos de pedaleo con recuperación activa), un grupo HIIT al 60%-80% (6-10 de 60 segundos de pedaleo con recuperación activa) y otro grupo que fue control, en cicloergometro 3 días/semana durante 12 semanas. Los resultados mostraron mejoras significativas en la oxidación de las grasas a la tercera semana de evaluación y al final del estudio en la semana 12 de intervención, lo contrario sucedió con la evaluación de la masa corporal y composición corporal ya que en una evaluación realizada a la sexta semana no mostro resultados significativos en estas variables, así como tampoco se observó ninguna alteración en la evaluación de la semana 12.⁸⁰

Así nuestros resultados nos permiten inferir que Omega-3 y HIIT potencian el efecto en la variable de $VO_{2 peak}$. Tanto la suplementación con Omega-3 como el protocolo de HIIT producen cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal, pero solo el Omega-3 tiene efecto de disminución sobre las variables MC e IMC. Por otro lado solo la suplementación con Omega-3 provoca cambios significativos en la PAS por sobre el ejercicio en periodo de tiempos más cortos.

Alcances y limitaciones del estudio:

Limitaciones:

- No fue evaluada masa muscular no logrando ser determinada de forma objetiva los cambios de la variables IMC y MC
- La ausencia de un grupo placebo es quizás la mayor limitación de este estudio, sin embargo la dificultad de encontrar participantes para este estudio fue la razón de esta ausencia.
- No se realizó un cegamiento a los grupos intervenidos lo que pudo influir en los resultados ya que al conocer el grupo al que pertenecen puede que se sientan presionados para lograr un determinado resultado.
- No se controló la dieta, al no controlar la dieta no supimos si los sujetos hicieron cambios en la ingesta calórica, siendo que hay estudios que afirman que el Omega-3 disminuye la sensación de apetito
- Factores como lesiones durante la intervención del estudio.

Proyecciones:

Para mejorar y desarrollar estudios posteriores se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Realizar este estudio a largo plazo, para dar mayor margen de tiempo a las interacciones entre la suplementación de omega-3 y el protocolo de HIIT, debido a que los cambios se producen en distintos periodos de tiempo.
- Incluir un grupo placebo para así no informar a los participantes a que grupo de estudio pertenecen.
- Incluir la medición de la masa muscular debido a la variación del IMC, la que en nuestro caso, aumento en el grupo HII, lo logrando establecer si fue a causa del aumento de la masa muscular.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Luego de la intervención de 6 semanas de suplementación con Omega-3 y un entrenamiento de HIIT, podemos concluir que la combinación entre Omega-3 y HIIT potencia el efecto de estas intervenciones en la variable de $VO_{2\text{ peak}}$. Tanto la suplementación con Omega-3 como el protocolo de HIIT producen cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal, pero solo el Omega-3 tiene efecto de disminución sobre las variables MC e IMC. Por otro lado solo la suplementación con Omega-3 resultó en cambios significativos en la PAS por cambios más precoces a nivel fisiológico del suplemento por sobre el ejercicio que evidencia efectos benéficos en periodo de tiempo mayores. Por lo que se recomienda al ingesta de suplemento de Omega-3 para personas tanto con estilos de vida sedentarios como con comorbilidades asociadas principalmente a la obesidad ya que tiene efectos cardiovasculares y sobre la composición corporal; como también se recomienda la práctica de HIIT ya que es un tipo de ejercicio aeróbico que posee múltiples beneficios asociados y demuestra ser más efectivo que otros variedades de ejercicio aeróbico. Cada uno colabora de forma independiente a la salud del organismo pero su combinación nos permite obtener muchos más beneficios.

Si bien nuestro estudio tuvo resultados concluyentes, se necesitan más investigaciones para respaldar esta información y estudios con un mayor tiempo de intervención para encontrar más ventajas con la intervención de suplementación y/o ejercicio.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Niebauer J, Cooke J. Cardiovascular Effects of Exercise: Role of Endothelial Shear Stress. *JACC*. 1996; 28 (7) 1652- 60.
2. Ekelund LG, Haskell WL, Johnson JL, Whaley FS, Crique MH, Sheps DS. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. *N Engl J Med*. 1988; 319: 1379–84.
3. Blair SN, Kohl HW III, Barlow CE, Paffenbarger RS, Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995; 273:1093– 8.
4. Ericsson K, Krampe R, Tesch-Romer C. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*.1993; 100(3):363- 406.
5. Saravanan P, Davidson N, Schmidt E, Calder P. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids. *Lancet*. 2010; 375: 540–50.
6. Keteyian S, Braener C, Savage P, Ehrman J, Schairer J, Divine H. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patient with coronary heart disease. *Am Heart J*. 2008; 156 (2): 292- 300.
7. Piñeiro-Corrales G, Lago N, Culebras-Fernández J. Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *NutrHosp*. 2013.; 28 (1): 1-S.
8. Hooper L, Harrison RA, Summerbell CD, Moore H, Worthington HV, Ness A, Capps N, Davey Smith G, Riemersma R, Ebrahim S. Omega 3 fatty acids for prevention and treatment of cardiovascular disease. (Review) *Cochrane Database Syst*. 2004; (4): CD003177.
9. Abbas M. Physiological Effects of Omega 3 Unsaturated Fatty Acids in Healthy Subjects. *Nature and Science*. 2013; 11(7):14- 18.
10. Perry C, Heigenhauser G, Bonen A, Spriet L. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008; 33 (6): 1112- 1123.

11. Ray CA. Sympathetic adaptations to one-legged training. *J Appl. Physiol.* 1999; 86 (5): 1583-7.
12. Tran ZV, Weltman A. Differential effects of exercise on serum lipid and lipoprotein levels seen with changes in body weight: a meta-analysis. *JAMA.* 1985; 254 (7): 919 –24.
13. Wood PD, Stefanick ML, Williams PT, Haskell WL. The effects on plasma lipoproteins of prudent weight-reducing diet, with or without exercise in overweight men and women. *N Engl J Med.* 1991; 325 (7): 461– 6.
14. Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, Paffenbarger RS. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med.* 1991; 325: 147–52.
15. Howley T. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 5364-69.
16. López J, Fernández A. *Fisiología del ejercicio.* 3ª.ed. Madrid, España: Medica Panamericana; 2006.
17. Molina R, Guija E, Ortega M, García L, González A, Alguacil P. *Manual de hipertensión arterial en la práctica clínica de atención primaria.* Madrid, España: Sociedad de Andalucía de medicina de familia; 2006.
18. Jackson AS, Pollock ML. Practical Assessment of body composition. *Am J Sports Med.* 1985; 13:75-90.
19. International Society for Advancements of Kinanthropometry (ISAK). *International standards for anthropometric assessment.* Underdale, Australia. 2001.
20. Ministerio de Salud. *Encuesta nacional de Salud Chile. 2009-2010.* [citado 15 dic 2015]; Disponible en: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/bcb03d7bc28b64dfe040010165012d23.pdf>
21. Atalah E. Epidemiología de la obesidad en Chile. *Rev Med Clin Condes.* 2012; 23 (2): 117- 123.

22. Iniciativa Panamericana sobre la Hipertensión. Reunión de trabajo sobre la medición de la presión arterial. *Pan Am J Public Health*. 2003; 14(5): 303-305.
23. Gibala M, Little J, MacDonald M, Hawley J. Physiological adaptations to low-volume, high intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012; 590 (5):1077–1084.
24. Basu A, Basu R, Shah P, Vella A, Rizza R, Jensen M. Systemic and regional free fatty acid metabolism in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001; 280 (6):1000-1006.
25. Santosa S, Jensen M. Why are we shaped differently, and why does it matter? *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2008; 295(3): E531–E535.
26. Laursen P, Jenkins D. The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training. *J Sports Med*. 2002; 32 (1): 53-73.
27. Tandon NN, Kralisz U, Jamieson GA. "Identification of glycoprotein IV (CD36) as a primary receptor for platelet-collagen adhesion. *J. Biol. Chem*. 1989; 264 (13): 7576–83.
28. Silverstein RL, Baird M, Lo SK, Yesner LM. Sense and antisense cDNA transfection of CD36 (glycoprotein IV) in melanoma cells. Role of CD36 as a thrombospondin receptor. *J Biol Chem*. 1992; 267 (23): 16607–12.
29. Oquendo P, Hundt E, Lawler J, Seed B. CD36 directly mediates cytoadherence of *Plasmodium falciparum* parasitized erythrocytes. *Cell*. 1989; 58 (1): 95- 101
30. Endemann G, Stanton LW, Madden KS, Bryant CM, White RT, Protter A. CD36 is a receptor for oxidized-low-density lipoprotein. *J. Biol. Chem*. 1993; 268(16): 11811–16.
31. Nicholson AC, Frieda S, Pearce A, Silverstein RL. Oxidized LDL binds to CD36 on human monocyte-derived macrophages and transfected cell lines. Evidence implicating the lipid moiety of the lipoprotein as the binding site. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol*. 1995; 15 (2): 269–75.

32. Calvo D, Gómez-Coronado D, Suárez Y, Lasunción MA, Vega MA. Human CD36 is a high affinity receptor for the native lipoproteins HDL, LDL, and VLDL. *J. Lipid Res.* 1998; 39 (4): 777–88.
33. Podrez EA, Poliakov E, Shen Z, Zhang R, Deng Y, Sun M, Finton PJ. Identification of a novel family of oxidized phospholipids that serve as ligands for the macrophage scavenger receptor CD36. *J. Biol. Chem.* 2002; 277 (41): 38503–16.
34. Essen B., Hagenfeldt L., Kaijser L. Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J Physiol.* 1977; 265: 489-506.
35. Martinez E. La capacidad aeróbica. *Educación Física y Deporte Medellín.* 1985; 7 (1-2): 71-77
36. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med.* 2002; 346 (11): 793 –801.
37. Rehn T, Winettb R, Wisloff U, Rognmo O. Increasing Physical Activity of High Intensity to Reduce the Prevalence of Chronic Diseases and Improve Public Health. *Cardiovasc Med J.* 2013; 7: 1465-1473
38. Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J.* 2008; 156(2): 292–300.
39. Baster T, Baster- Brooks C. Exercise and hypertension. *Australian Family Physician* 2005; 34 (6): 419-424.
40. Lomivorotov V, Efremov S, Boboshko V, Nikolaev D, Vedernikov P. Prognostic value of nutritional screening tools for patients scheduled for cardiac surgery. *ICVTS.* 2013; 29 (2): 436- 42.
41. Hall R. Thirtieth Anniversary of Hypertension: Evolution of a Journal and a Progress Report. *Hypertension.* 2009; 54:685-688
42. Cataldo A, Russo G, Cerasola D, Di Majo D, Giammanco M, Traina M. Relationship between maximal fat oxidation and oxygen uptake: comparison

- between type 2 diabetes patients and healthy sedentary subjects. *Journal of Biological Research*. 2014; 87: 34-36
43. Briones A, Touys Rn. Moderate Exercise Decreases Inflammation and Oxidative Stress in Hypertension: But what are the mechanism? *Hypertension*. 2009; 54:1206-1208
 44. Mickleborough T. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Physical Performance Optimization. *Omega-3 and Physical Performance*. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol* 2013; 23: 83 -96
 45. Massiera F, Barbry P, Guesnet P, Joly A, Luquet S, Moreilhon-Brest C. A Western-like fat diet is sufficient to induce a gradual enhancement in fat mass over generations. *J. Lipid Res*. 2010; 51: 2352–2361.
 46. Gómez C, López L, Loria V. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. *Nutritional recommendations*. *Nutr Hosp*. 2011; 26 (2): 323-329.
 47. Clare M, Sacks F, Rosner B. Does Fish Oil Lower Blood Pressure?. A Meta-Analysis of Controlled Trials. *Circ*. 1993; 88: 523-533.
 48. Chiuve SE, Rimm EB, Sandhu RK, Bernstein AM, Rexrode KM, Manson JE. Dietary fat quality and risk of sudden cardiac death in women. *Am J Clin Nutr* 2012; 96 (3): 498-507
 49. Mori T. Omega-3 Fatty acids and hypertension in humans. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*. 2006; 33:842–846.
 50. Calder P. n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *AJCN*. 2006; 83:1505S–19S
 51. Nodari S, Triggiani M, Campia U, et al. Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids on left ventricular function and functional capacity in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 57: 870-879.
 52. Simopoulos A. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr*. 1991 Sep; 54(3): 438-63.
 53. Von Schacky C, Baumanu K, Angerer P. The effect of n-3 fatty acids on coronary atherosclerosis: results from SCIMO, an angiographic study, background and implications. *Lipids* 2001; 36: S99-S102.

54. Carrero J, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza J, López-Huertas E. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutr. Hosp.* 2005 ;XX (1):63-69.
55. Wang C, Harris WS, Chung M, et al. n-3 fatty acids from fish or fish oil supplements, but not alpha-linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary and secondary prevention studies: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84: 5-17.
56. Adkins Y, Kelley DS. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *J Nutr Biochem.* 2010; 21:781-792.
57. Metcalf RG, James MJ, Gibson RA et al. Effects of fish oil supplementation on myocardial fatty acid in humans. *Am J Clin Nutr.* 2007; 85: 1222-1228.
58. Leaf A, Albert CM, Josephson M. Prevention of fatal arrhythmias in high-risk subjects by fish oil n-3 fatty acid intake. *Circulation* 2005; 112:2762-2768.
59. Von Schacky C, Fischer S, Weber P. Long-term Effects of Dietary Marine w-3 Fatty Acids upon Plasma and Cellular Lipids, Platelet Function, and Eicosanoid Formation in Humans. *J. Clin. Invest.* 1985; 76:1626-1631.
60. Jepsen R, Aadland E, Andersen J, Natvig G. Associations between physical activity and quality of life outcomes in adults with severe obesity: a cross-sectional study prior to the beginning of a lifestyle intervention. *Health and Quality of Life Outcomes.* 2013; 11: 187.
61. Cortell J, Pérez J, Cejuela R, Chinchilla J , Marfell M. Anthropometric Profile of Male Amateur vs Professional Formula Windsurfs Competing at the 2007 European Championship. *Journal of Human Kinetics.* 2010; 23: 97-101.
62. Alvero J, Cabañas M, Herrero A, Martinez L, Moreno C, Porta J. Body composition assessment in sports medicine. Statement of spanish group of kinanthropometry of spanish federation of sports medicine. 2009; 26 (131): 166- 179
63. Ross W, Kerr D. Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. *RICYCE.* 1993; 1(3): 1- 9

64. Fuller J, Mosso N. Instrumentación quirúrgica: 4^a.ed. México: medica panamericana; 2008.
65. Cambier C, Clerbaux T, Amory H, Detry B, Florquin S, Marville V, Frans A, Gustin P. Mechanisms controlling the oxygen consumption in experimentally induced hypochloremic alkalosis in calves. *Vet. Res.* 2002; 33 (6):697-708.
66. Cambier C, Detry B, Beerens D, Florquin S, Ansay M, Frans A, Clerbaux T, Gustin P. Effects of hyperchloremia on blood oxygen binding in healthy calves. *J Appl Physiol.* 1985; 1998; 85(4): 1267-72.
67. Berdasco A, Romero J, Jiménez J. Valores del índice de cintura/cadera en población adulta de ciudad de la habana. *Revista Cubana Aliment Nutr.* 2002; 16(1): 42-7.
68. Thorsdottir I, Tomasson H, Gunnarsdottir I, Gisladdottir E, Kiely M, Parra MD. Randomized trial of weight loss diets for Young adults varying in fish and fish oil content. *Int Obes.* 2007; 31: 1560-1566.
69. MacDougall J, Hicks A, MacDonald J, McKelvie R. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol.* 1998; 84:2138-2142.
70. Burke J, Thayer R, Belcamino M. Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate and ventilatory thresholds. *Br J Sp Med.* 1994; 28(1): 18-21.
71. Miller P, Elswyk M, Alexander D. Long-Chain Omega-3 Fatty Acids Eicosapentaenoic Acid and Docosahexaenoic Acid and Blood Pressure: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Hypertens.* 2014; 27 (7): 885-96.
72. Gomez E. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc.* 2012; 2(2):102-110.
73. Ohashi, Matsushita Y, Kimura K, Mivashita K, Saito M. Conjugated linoleic acid deteriorates insulin resistance in obese/diabetic mice in association with decreased production of adiponectin and leptin. *J Nutr Sci Vitaminol.* 2004; 50, 416-421.

74. Kusenova M, Braunerova R, Hlavaty P, Tvrzicka E, Stankova B, Skrha J, et al. The influence of n-3 polyunsaturated fatty acids and very low calorie diet during a short term weight reducing régime on weight loss and serum fatty acid composition in severely obese women. *Physiol Res.* 2006; 55: 63-72.
75. Micallef M, Munro I, Phang M, Garg M. Plasma n-3 polyunsaturated fatty acids are negatively associated with obesity. *British Journal of Nutrition.* 2009; 102: 1370-1374.
76. Harden C, Dible V, Russell J, Garaiova I, Plummer S, Barker M, Corfe B. Long-Chain polyunsaturated fatty acid supplementation had no effect on body weight but reduced energy intake in overweight and obese women. *Nutrition Research Journal.* 2014; (34), 17-24.
77. Avila J, Garcia E. Beneficios de la práctica del ejercicio en ancianos. *Gac Med Mex.* 2004; 140 (4), 431-436.
78. Gonzalez O, Hernandez J, Salazar A, Mandeville P, Valadez F, Cruz E, Suarez A. Efecto de la suplementación de Omega 3 sobre IMC, ICC y composición corporal en mujeres obesas. 2013; (63), 224-231.
79. Totland GK, Madsen L, Klemtesem B, Vaagenes H, Kryvi H, Froyland L, et al. Proliferation of mitochondria and gene expression of carnitine palmitoyltransferase and fatty acylCoA oxidase in rat skeletal muscle, heart and liver by hypolipidemic fatty acids. *Biol Cell.* 2000; 92: 317-329.
80. Astorino T, Chubert S, Palumbo E, Stirling D, McMillan D. Effect of two doses of interval training on maximal fat oxidation in sedentary women. *Med Sci Sport Exerc.* 2013; 45(10):1878-86.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Figura 1. Consumo de oxígeno absoluto.....	34
Figura 2. Consumo de oxígeno relativo a la masa corporal.....	35
Figura 3. Velocidad Máxima.....	36
Figura 4. Presión Arterial.....	38
Figura 5. Masa Corporal.....	40
Figura 6. Índice de Masa Corporal.....	42
Figura 7. Σ pliegues cutáneos.....	44
Figura 8. Masa Grasa	46

Anexos

Anexo 1

Consentimiento informado.

Título del proyecto:

“Efectos de la ingesta de omega-3 y protocolo de entrenamiento a intervalos de alta intensidad en consumo máximo de oxígeno y porcentaje de masa grasa de jóvenes sedentarios”

Investigadores:

- Pablo Canales Espinoza
- Pamela Miranda Herrera
- Natalia Serrano Duarte

Lugar de desarrollo del estudio:

Laboratorio de fisiología del ejercicio de Universidad Finis Terrae.

Dirección: Av. Pedro de Valdivia 1590, Providencia Santiago.

Entrenamiento: Gimnasio de la Universidad Finis Terrae

A continuación se describen los aspectos del estudio que son necesarios conocer antes de participar en alguno de sus grupos:

La tesis consiste en 3 evaluaciones generales:

- Consumo Máximo de Oxígeno directo
- Índice cintura cadera
- Porcentaje grasa corporal
- Muestra de sangre en laboratorio de Fisiología del ejercicio UFT
- Encuesta de calidad de vida

Se crearan 4 grupos de intervención, dentro de las cuales te encontrarás TÚ.

Grupo 1: Grupo que realizará protocolo de High interval Training (el protocolo consiste en bicicleta a 90% FC máx por 30 segundos y luego 1 minuto de descanso, la duración es de 30 minutos 3 veces por semana en la tarde en horario emitido por UDS. , la localización será en el gimnasio UFT) . Y además se les dará suplemento alimenticio de Omega 3 (2gr. por día/ dos cápsulas)

Grupo 2: Solo High interval training

Grupo 3: Solo tomar omega 3

Grupo 4: Grupo control (tendrá que asistir a los 3 días de evaluación general como los participantes de los grupos mencionados anteriormente)

Duración del estudio: 6 semanas

Propósitos del estudio:

- a) Determinar la disminución de la PA en todos los grupos en la semana previa a la intervención, a la 3° y 6° semana de protocolo.
- b) Estimar el Vo_2 máx. en todos los grupos previa a la intervención, luego la mitad y posteriormente al final del protocolo.
- c) Determinar el % de masa grasa, IMC, índice cintura- cadera y calidad de vida previa a la intervención, luego la mitad y posteriormente al final del protocolo.
- d) Relacionar aumento de Vo_2 máx con ingesta de omega – 3 y/o HIT.
- e) Relacionar disminución de PA por ingesta de omega – 3 y/o HIT.
- f) Relacionar disminución %grasa, IMC, ICC por ingesta de omega – 3 y/o HIT.

- g) Relacionar la disminución de la percepción de esfuerzo en Test incremental de VO₂.
- h) Determinar ingesta adicional de Omega-3 en la dieta.
- i) Relacionar efectos de HIT y/o Omega 3 en calidad de vida.

Riesgos asociados a la participación del estudio:

En caso de presentar alguna patología cardiovascular o condición física que no sea compatible con actividad física mencionada anteriormente debe señalarlo ya que podría ser riesgoso tanto realizar el test de consumo máximo de oxígeno como el entrenamiento. Es un criterio de exclusión del estudio para evitar cualquier complicación que pueda haber sido prevista.

El protocolo de evaluación que se utilizará en este estudio ha demostrado ser seguro y eficaz en la evaluación de su condición cardiorespiratoria. Y su frecuencia cardíaca será monitoreada durante la duración completa del test. Previo al inicio del test se le explicará detalladamente el propósito y los procedimientos. Y usted tendrá un tiempo para realizar todas las preguntas atinentes a la prueba.

Sin embargo, durante a la evaluación o entrenamiento (en el caso que corresponda) usted podría presentar alguno de los siguientes síntomas, en la eventualidad de presentar alguno se detiene la actividad que lo cause:

- Angina o sensación similar
- Lesión de tipo traumática o dolor asociado a lesión musculoesquelética
- Descenso de la presión sistólica > 10 mm Hg.
- Aumento de la presión sistólica > 250 mm Hg. O presión diastólica > 115 mm Hg.
- Falta de aliento, sibilancias, calambres
- Ataxia, cianosis, náuseas, enfriamiento, vértigo, desmayo, etc.
- Cambios excesivos de la frecuencia cardíaca o sin cambios antes el aumento de la carga.
- Dificultad técnica para tomar la frecuencia cardíaca

- La persona requiere parar.
- Fatiga (manifestación física o verbal).
- Falla en equipo que monitorea o mide el desempeño.

Puntos a considerar:

- El estudio no debe significar un gasto por parte del participante
- El grupo de investigadores se adaptara en lo posible y le dará las facilidades correspondientes a los participantes para que el estudio no interfiera en sus actividades normales.
- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria por lo que si acepta el compromiso debe cumplir con las normas de evaluación y entrenamiento.
- Al momento de evaluar los participantes deben asistir con ropa adecuada para realizar actividad física.
- Cualquier inconveniente debe hacérselo saber a grupo investigador o a alguno de sus integrantes.
- Los datos de los participantes son confidenciales y solo serán expuestos de forma estadística y conocidos por el grupo de investigación que tendrá una ficha para cada persona.

Consentimiento informado:

Yo _____ de rut _____ decido voluntariamente someterme a evaluaciones requeridas para el estudio llevado a cabo por alumnos de la Universidad Finis Terrae que se encuentran proceso de investigación de acuerdo a su tesis. Declaro que se me ha informado y me encuentro de acuerdo con que se tomen los procedimientos pertinentes para cumplir con este propósito.

El participante estará sometido a los siguientes procedimientos:

- Ingesta de capsulas de omega-3 entregadas por el grupo tesista.
- Ejercicio aeróbico en las dependencias de la universidad según calendario y estipulación previa.
- Mediciones antropométricas.
- Toma de muestra de sangre en 3 ocasiones.
- Seguir las instrucciones del grupo tesista en cuanto a conductas tanto alimentarias como de actividad física que puedan alterar las mediciones y los resultados de la intervención.
- Notificaciones en caso de ingesta de omega-3 como recordatorio.

Declaro estar consciente de los potenciales riesgos que corro al participar de este estudio:

- Lesiones musculo-esqueléticas
- Fatiga muscular por ejercicio extenuante
- Muerte en caso de existir algún factor predisponente o mala tolerancia al ejercicio de alta intensidad.

Firma del participante: _____

Fecha: _____

Firma representante del grupo investigador: _____

Anexo 2:**Formulario de evaluación**

Nombre:

Nº celular:

Edad:

Email:

Grupo de estudio:

	Peso	Talla	IMC
Toma 1			
Toma 2			

Presión arterial		
	PAS	PAD
Evaluación 1		
Evaluación 2		

ICC		
	Evaluación 1	Evaluación 2
Evaluación 1		
Evaluación 2		
ICC		

Porcentaje de grasa								
	Evaluación 1				Evaluación 2			
P. tricipital								
P. subescapular								
P. suprailiaco								
P. abdominal								
P. muslo								
P. pantorrilla								
% Graso								

	VO ₂ peak R	VO ₂ peak A	FC Max	Tiempo W	Velocidad	borg
Eva. 1						
Eva. 2						