



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS

ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD

CAMPO DISCIPLINARIO EPIDEMIOLOGÍA CLÍNICA

“IMPACTO DEL EJERCICIO FÍSICO MODERADO SOBRE LAS  
CONCENTRACIONES DE MARCADORES DE ESTRÉS OXIDATIVO Y ESTADO  
NUTRICIONAL EN ADULTOS MAYORES”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA

**Nayeli Anai Vaquero Barbosa**

COMITÉ TUTOR

**Dra. Lilia Castillo Martínez**

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

**Dr. Víctor M. Mendoza Núñez**

FES ZARAGOZA

**Dra. Guadalupe Silvia García De La Torre**

FACULTAD DE MEDICINA

Ciudad Universitaria, Cd.Mx., octubre 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	4
I. MARCO TEÓRICO .....	6
I.1. Epidemiología del envejecimiento .....	6
I.2. Envejecimiento .....	6
I.3. Estrés oxidativo .....	8
I.3.1. Radicales libres y especies reactivas de oxígeno .....	9
I.3.2. Tipos y fuentes de radicales libres .....	10
I.4. Antioxidantes .....	13
I.4.1. Sistemas de defensa antioxidante .....	13
I.5. Determinación de marcadores de estrés oxidativo .....	17
I.6. Ejercicio .....	18
I.7. Efecto del ejercicio sobre el estrés oxidativo .....	21
I.8. Intervenciones para mejorar el estrés oxidativo .....	24
I.9. ANTECEDENTES .....	25
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	31
III. JUSTIFICACIÓN .....	32
IV. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	33
IV.1. Objetivo general .....	33
IV.2. Objetivos específicos .....	33
V. HIPÓTESIS: .....	33
VI. METODOLOGÍA .....	34
VI.1. Diseño de estudio: .....	34
VI.2. Lugar y tiempo de estudio: .....	34
VI.3. Tipo de muestreo: .....	34

VI.4. Población de estudio: .....	34
VI.5. Tamaño de la muestra: .....	34
VI.6. Criterios de selección: .....	35
VII. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO .....	36
VII.1. Descripción de la intervención .....	38
VII.1.1.1. Criterios de seguridad para el ejercicio .....	41
VIII. MEDICIONES .....	42
IX. MODELO CONCEPTUAL .....	55
X. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	56
XI. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	58
XII. ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD .....	59
XIII. RECURSOS HUMANOS FINANCIEROS Y MATERIALES .....	60
XIV. RESULTADOS .....	60
XV. DISCUSIÓN.....	75
XVI. LIMITACIONES .....	79
XVII. CONCLUSIÓN.....	79
XVIII. REFERENCIAS .....	80
XIX. ANEXOS.....	86

## RESUMEN

### **Antecedentes:**

El envejecimiento humano es un proceso multidimensional y complejo asociado a la incapacidad del organismo para mantener la homeostasis, es considerado un factor de riesgo en la producción de radicales libres (RL) y consecuente el estrés oxidativo (EOx). Diversos estudios han demostrado que este proceso induce cambios bioquímicos, neurológicos y fisiológicos que afectan el estado nutricional del adulto mayor modificando la composición corporal y funcionalidad, desencadenando la presencia de síndromes geriátricos como sarcopenia y fragilidad que a su vez se asocian con la producción de RL y citocinas, así como el riesgo de caídas, hospitalizaciones, institucionalizaciones y morbimortalidad.

Por su parte, el ejercicio ha destacado como un componente importante en la modificación de estilos de vida por su eficacia a nivel biológico, social y psicológico teniendo un efecto positivo sobre la salud pero en el envejecimiento la evidencia científica muestra beneficios en distintas modalidades que sugiere tener un efecto antioxidante pero los resultados siguen siendo controversiales, por ello la importancia de estudios como el presente para determinar la intensidad del ejercicio y su impacto sobre marcadores de estrés oxidativo, así como indicadores del estado nutricional.

**Objetivo:** Evaluar el impacto del ejercicio físico moderado sobre las concentraciones de marcadores de estrés oxidativo y estado nutricional.

**Material y métodos:** Se realizó un ensayo clínico aleatorizado en 70 adultos mayores que fueron asignados aleatoriamente a dos grupos de investigación, un grupo intervención con ejercicio físico moderado supervisado y otro control, al inicio del estudio y a las 12 semanas se evaluó el IMC, composición corporal por bioimpedancia, fuerza, velocidad de la marcha y el EOx por LPO, SOD, TAS, GPx, brecha antioxidante GAP y la relación SOD/GPx.

**Resultados:** No se encontraron diferencias significativas entre los grupos tras las 12 semanas de seguimiento sobre las concentraciones de marcadores de EOx; respecto al estado de nutrición 80% del grupo de intervención mejoró en comparación con un 44 % del grupo control ( $p=0.012$ ); además se observó que el ángulo de fase aumentó en el grupo que realizó ejercicio ( $0.37^\circ$ ) y disminuyó ( $0.41^\circ$ ) en el grupo control esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p=0.003$ ).

**Conclusiones:** El ejercicio moderado con una frecuencia de 3 veces por semana durante 12 semanas aumenta el ángulo de fase y mejora el estado de nutrición, pero no el EOx.

**Palabras clave:** Envejecimiento, estrés oxidativo, estado nutricional, ejercicio.

## **I. MARCO TEÓRICO**

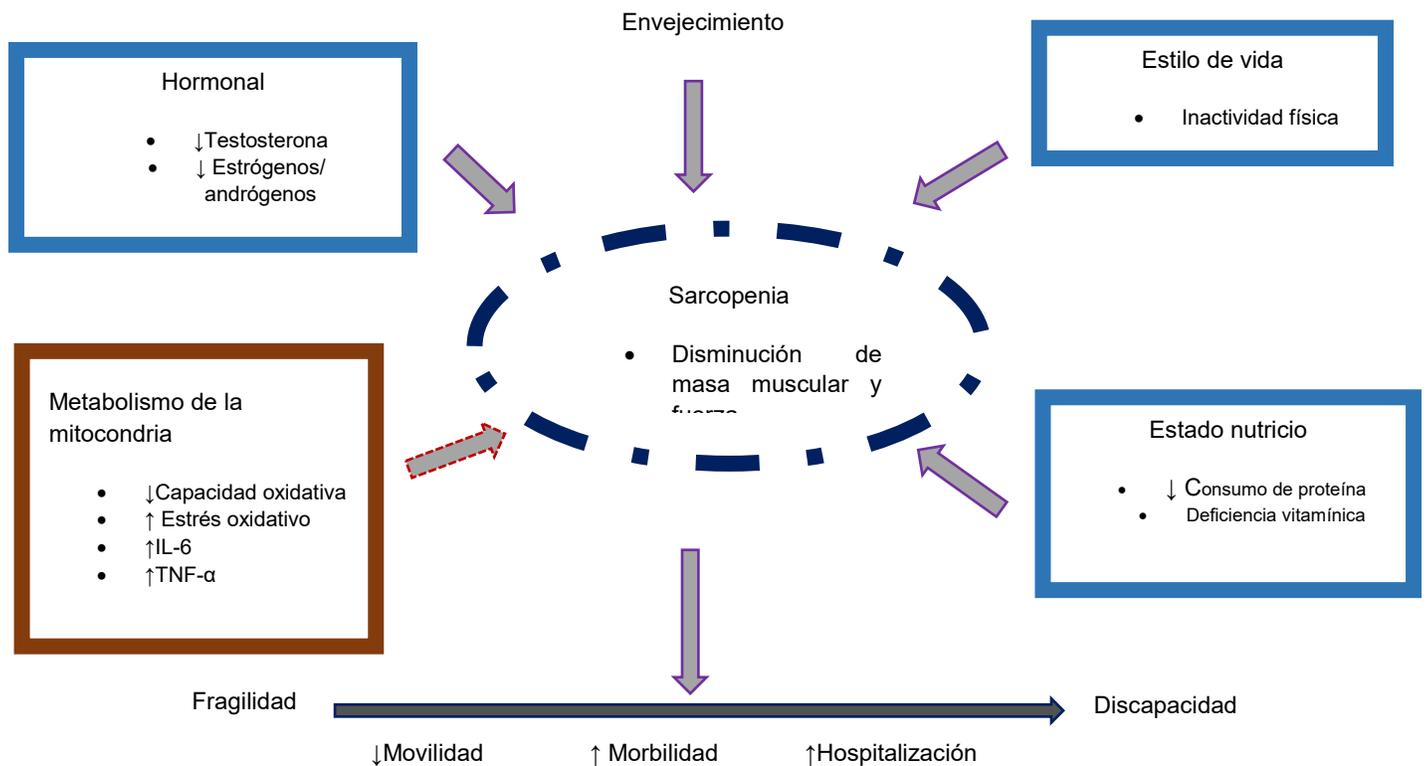
### **I.1. Epidemiología del envejecimiento**

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la proporción mundial de ancianos clasificados como las personas de 60 años o más en países en vías de desarrollo y para países desarrollados la clasificación es de 65 años o más, es del 11 % y se proyecta que aumente al 22 % en el año 2050. A su vez la Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) constituyen la principal causa de muerte y discapacidad en la mayoría de los países de América Latina y la mitad de estas ocurren en adultos mayores.

### **I.2. Envejecimiento**

El envejecimiento es un proceso dinámico, progresivo, irreversible y universal, caracterizado por la aparición de cambios morfológicos, bioquímicos, funcionales y psicológicos en el organismo.(1) Este se ha asociado a una alteración progresiva de las respuestas homeostáticas adaptativas del organismo que ocasionan cambios en la estructura y función de los diferentes sistemas aumentando la vulnerabilidad al estrés oxidativo y enfermedad. (2) Esta mayor vulnerabilidad se produce de forma gradual, aumentando la probabilidad de pérdida de la función, discapacidad y dependencia, conforme se reduce la reserva funcional y se acumula la carga alostática como resultado de las agresiones del medio ambiente. (3) Por tanto, la característica fundamental de este proceso, en sus distintas facetas, es la pérdida de la reserva funcional que involucra la disminución

de los mecanismos de respuesta al estrés y su eficacia para conservar la homeostasis del medio interno provocando efectos importantes y severos en la calidad de vida; en este sentido se ha reconocido a la sarcopenia como un síndrome geriátrico condicionado por el desgaste muscular progresivo, pérdida de fuerza y disminución de la capacidad funcional, siendo la causa más frecuente de discapacidad, dependencia y aumento de la morbi-mortalidad. (4,5) (Ver Figura I.2.1)



**Figura I.2.1.** Factores relacionados con la edad que contribuyen a la pérdida de masa muscular (6)

A su vez el envejecimiento saludable es el proceso mediante el cual las personas adultas mayores adoptan, adecuan o fortalecen estilos de vida que le permiten lograr bienestar, salud y calidad de vida, por tanto, los estilos de vida que han demostrado tener un impacto positivo y significativo en la vejez son: una alimentación adecuada, ejercicio físico periódico y seguro; higiene personal adecuada, sueño suficiente y reparador, recreación y alta autoestima.(1,7)

### **I.3. Estrés oxidativo**

La oxidación es un proceso bioquímico de pérdida de electrones siempre asociado a otro de captación. Esta oxidación es fundamental para la vida pues participa en los procesos de obtención de la energía celular. Sin embargo, cuando existe un exceso de oxidación se genera el estrés oxidativo definido tradicionalmente como un evento resultante de un desequilibrio entre la cantidad de pro oxidante y sustancias antioxidantes. Ambas sustancias son generadas en un entorno de óxido-reducción (REDOX), en el que la oxidación implica una pérdida en electrones, y la reducción una ganancia.(8) El daño celular que producen las especies reactivas y los radicales libres ocurre en los enlaces de proteínas, los fosfolípidos poliinsaturados de las membranas celulares, hidratos de carbono y ácidos nucleicos, lo que provoca gran variedad de cambios bioquímicos y fisiológicos en la célula, ocasionados por la activación de una reacción en cadena. Esto induce a que se presenten un desequilibrio en la homeostasis. (1,9) Las fuentes de oxidantes son numerosas, la mayoría se deriva de reacciones enzimáticas o químicas que producen anión superóxido, peróxido de hidrógeno u

óxido nítrico. Una vez producidas, estas especies se convierten a especies secundarias altamente reactivas de oxígeno. (10)

### I.3.1. Radicales libres y especies reactivas de oxígeno

Un radical libre (RL) se puede definir como una especie química, neutra o cargada, cuya capa periférica contiene uno o más electrones desapareados provocando inestabilidad desde el punto de vista cinético y energético, su vida media es realmente corta, desde milisegundos a nanosegundos, en cada reacción de oxidación con otro átomo o molécula, un RL puede generar nuevas formas con diferente nivel de estabilidad y toxicidad. (11)

Clasificación	Radical libre	Abreviatura
Especies reactivas del oxígeno	Oxígeno singulente	$^1 O_2$
	Anión superóxido	$O_2^- \bullet$
	Radical hidroxilo	$OH \bullet$
	Peróxido de hidrógeno	$H_2O_2$
	Radical hidroperoxilo	$ROOH \bullet$
Especies reactivas del nitrógeno	Óxido nítrico	$NO \bullet$
	Dióxido nítrico	$NO_2 \bullet$
	Peroxinitrito	$ONOO \bullet -$
Especies reactivas del azufre	Radical tiilo	$RS \bullet$
Especies reactivas del cloro	Ácido hipocloroso	$HOCl$

**Tabla I.3.1.** Clasificación y abreviatura de los radicales libres. (9)

En los organismos con metabolismo aeróbico, las especies reactivas de mayor importancia, son aquéllas que se forman durante el metabolismo del oxígeno, y se denominan Especies Reactivas de Oxígeno (ERO o por sus siglas en inglés ROS). Es importante considerar que el término ROS incluye una variedad de RL y otros átomos o moléculas que no son RL, pero que se consideran ROS por su alta reactividad en el medio que les confiere la capacidad de generar ROS. Existen otras familias derivadas del nitrógeno, del azufre o del cloro que pueden ser originadas por la interacción del átomo o molécula con algunas ROS e incrementar la producción de estas últimas (ver Tabla I.3.1).(9)

### **I.3.2. Tipos y fuentes de radicales libres**

Los radicales libres inorgánicos o primarios se originan por transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan por tanto distintos estados en la reducción de este y se caracterizan por tener una vida media muy corta; estos son el anión superóxido, el radical hidróxilo y el óxido nítrico. (12)

Los radicales libres orgánicos o secundarios se pueden originar por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la reacción de 2 radicales primarios entre sí, poseen una vida media relativamente más larga que los primarios; los principales átomos de las biomoléculas son: carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre. (10)

A continuación, se describen las principales especies reactivas del oxígeno o sustancias prooxidantes.

### Anión superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ )

Creado por la adición de un electrón a la molécula de oxígeno, resultando en una especie altamente reactiva capaz de provocar oxidación lipídica, peroxidación y daño al ADN. Las moléculas de  $O_2^{\bullet-}$  pueden sufrir un proceso de dismutación (óxido-reducción) en presencia de iones de  $H^+$  determinando la formación de oxígeno y  $H_2O_2$ . (9)

El  $O_2^{\bullet-}$  al poseer una carga negativa y en comparación con otros RL tiene una vida media relativamente mayor, lo que le permite difundir dentro de la célula. Además, algunas moléculas de  $O_2^{\bullet-}$  pueden proceder directamente de la reacción del oxígeno con compuestos como las catecolaminas, o a través de las reacciones inmunitarias de fagocitosis. (9)

### Radical hidroxilo ( $HO^{\bullet}$ )

El radical hidroxilo es una de las principales especies químicas que controlan la capacidad oxidante de la atmósfera global de la Tierra. Esta especie reactiva posee un alto poder oxidante capaz de provocar peroxidación lipídica y daño oxidativo a las proteínas. Debido a su alta reactividad ocasiona daño molecular en el propio sitio donde se genera. (9)

### Peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ )

Es un compuesto no radical perteneciente al grupo de las ROS debido a que puede generar fácilmente otros RL e inducir reacciones oxidativas en cadena. En reacciones catalizadas por metales, el  $H_2O_2$  se descompone en un ión  $OH^-$ , que es inofensivo, y un radical  $OH^{\bullet}$ , el más reactivo y tóxico de las ROS, capaz de atacar

estructuras orgánicas estables como los fosfolípidos de membrana, colesterol y proteínas. Además, atraviesa con suma facilidad las membranas biológicas, con lo que puede dar lugar a reacciones de oxidación en puntos de la célula más alejados de su lugar de producción. Su origen es diversificado: por reducción directa de una molécula de oxígeno por dos electrones, por dismutación del  $O_2^-$ , como producto de algunas enzimas (uricasa), por reacciones químicas de auto oxidación.(9)

### Óxido nítrico ( $NO \bullet$ )

El  $NO \bullet$  es sintetizado por un grupo de enzimas específicas denominadas óxido nítrico sintetasas (NOS) a partir del aminoácido L-arginina. Las NOS convierten la L-arginina en  $NO \bullet$  y L-citrulina utilizando NADPH. Esta familia de enzimas se expresa de forma diferencial en múltiples tejidos y pueden clasificarse en: a) neuronal (NOS1), principalmente en células neuronales, pero también en otros tejidos; b) inducible (NOS2) predominante en condiciones inflamatorias y c) endotelial (NOS3) expresada en células del endotelio vascular. Desde un punto de vista redox, la síntesis excesiva de  $NO \bullet$  se asocia a estrés nitrosativo y a condiciones inflamatorias y neurodegenerativas. Sin embargo, una cantidad limitada de  $NO \bullet$  promueve la vasodilatación y atenúa el daño endotelial bajo condiciones de isquemia. (9) Por tanto juega un papel fundamental en numerosos procesos fisiológicos, entre ellos, actúa como regulador del flujo sanguíneo local, inhibidor de la agregación plaquetaria, participa en la relajación muscular y el control del tono vascular, entre otros.(10)

## **I.4. Antioxidantes**

Un antioxidante puede ser definido como un átomo o molécula que evita o bloquea las especies reactivas y el daño oxidativo, y pueden actuar de diversas maneras, un primer grupo trabaja sobre la cadena del radical inhibiendo los mecanismos de activación, un segundo grupo neutraliza la acción de los radicales libres ya formados, por tanto, detiene la cadena de propagación; aunque una definición más amplia también incluye aquellas moléculas encargadas de reparar el daño oxidativo provocado por las especies reactivas. (13) De tal manera que los antioxidantes pueden actuar de acuerdo a la secuencia oxidativa y se pueden clasificar según el sitio donde lleven a cabo su acción. (14)

Los diferentes compuestos antioxidantes pueden ser de origen endógeno (sintetizados por el organismo) o exógeno (provistos a través de la dieta). Además, todos los antioxidantes pueden ser agrupados de acuerdo a su naturaleza en enzimáticos y no enzimáticos o de acuerdo a su función en primarios, secundarios y terciarios.(14,15)

### **I.4.1. Sistemas de defensa antioxidante**

El sistema antioxidante protege a los tejidos de los efectos de los radicales libres. Un primer grupo, los enzimáticos, protegen al organismo contra la formación de nuevos radicales libres utilizando en su mayoría elementos trazas como cofactores para sus reacciones. Muchas de estas moléculas las podemos encontrar en la fase lipídica, otras por el contrario son lipofóbicas. (15,16)

- Superóxidodismutasa (SOD) enzimas fácilmente aislables y estables, cataliza la disimulación del ión superóxido en peróxido de hidrógeno. Se encuentra en el citoplasma, mitocondria y fluidos extracelulares de mamíferos.
- Glutación peroxidasa (GPX) que convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en moléculas inofensivas antes de que puedan formar radicales libres, utilizando el Glutación reducido (GSH) como sustrato.
- Catalasa (CAT) enzima con cuatro subunidades proteicas, cada una con un grupo hemo, su sitio activo está localizado en los eritrocitos y en los peroxisomas, en donde cataliza la reacción de transformación del peróxido de hidrogeno producido por la SOD en agua y oxígeno molecular.
- Proteínas de unión a metales (GR) que frenan la disponibilidad del Fe, necesario para la formación del radical OH•. (17)

En un segundo grupo de antioxidantes clasificados como secundarios no enzimáticos hay 2 subgrupos:

- Antioxidantes hidrofílicos: entre los que se encuentran la vitamina C, (ascorbato), ácido úrico, bilirrubina y albúmina.
- Antioxidantes lipofílicos: entre los que se encuentran la vitamina E (alfatocoferol), carotenoides y las ubiquinonas.

Dentro de los antioxidantes terciarios, encargados de reparar biomoléculas dañadas por los radicales libres se incluyen las proteasas reparadoras de ADN y la metionina sulfóxidoreductasa. (17)

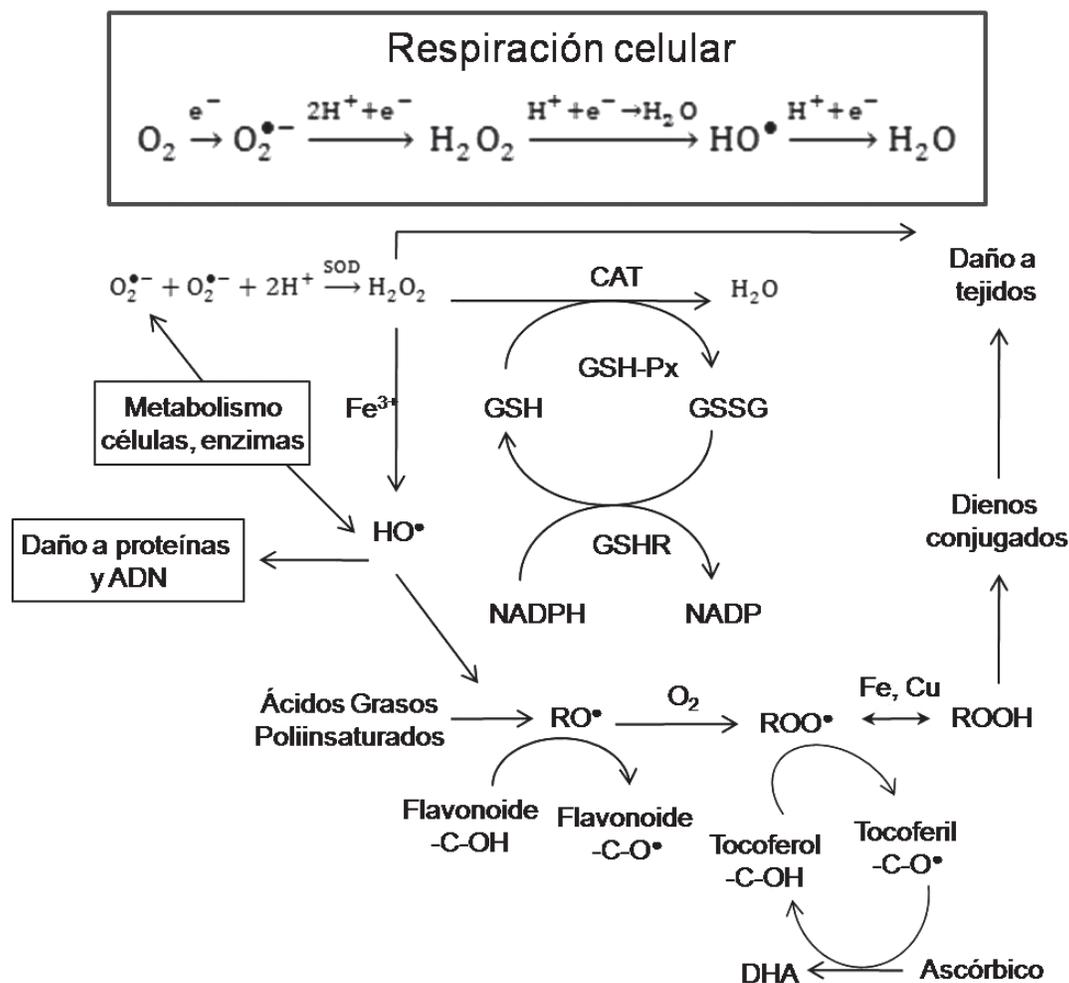
La defensa antioxidante, enzimática y no enzimática protege al organismo contra el daño oxidativo, pero no con 100 % de eficiencia. Los antioxidantes no enzimáticos son frecuentemente añadidos a los alimentos para prevenir la peroxidación lipídica que se involucra en la patogénesis de varias enfermedades crónicas, gran proporción de estas compromete la masa muscular que contribuye a la morbilidad y mortalidad. (5,18,19)

En la Figura 1.4.1 se presenta un resumen de los mecanismos de oxidación y defensa antioxidante. En el recuadro se esquematiza el proceso de respiración celular; iniciando con el oxígeno molecular ( $O_2$ ) (también llamado oxígeno triplete, necesario en organismos aerobios y tóxico al ser transformado en diversos intermediarios altamente reactivos) convertido inicialmente a anión superóxido, luego a peróxido de hidrógeno, después a radical hidroxilo y finalmente oxidado hasta agua. (15)

En el esquema central se muestra que el metabolismo celular que puede generar RL como el anión superóxido que sufre una dismutación por la SOD generando un compuesto menos reactivo y finalmente ser convertido en agua por acción de la CAT y GPX, esta última lleva a cabo la reducción del peróxido de hidrógeno a expensas del glutatión, el cual es regenerado por acción de la enzima glutatión reductasa que utiliza como cofactor el NADPH.

El peróxido de hidrógeno puede ser convertido a radical hidroxilo por la reacción tipo Fenton catalizada por hierro. Una vez producido el radical hidroxilo ataca proteínas, ácidos nucleicos y ácidos grasos poliinsaturados, generando radicales lipídicos que reaccionan rápidamente con oxígeno para producir radicales peroxilo que tienden a estabilizarse produciendo hidroperóxidos, que a su vez

pueden ser descompuestos para generar compuestos más pequeños o bien, por la acción de metales de transición, generar de nuevo radicales peroxilo. La estabilización de los RL derivados de lípidos puede ser llevada a cabo por antioxidantes fenólicos. (15)



**Figura I.4.1.** Resumen de las vías de producción de radicales libres y los principales sistemas antioxidantes, enzimáticos y no enzimáticos. (15)

Abreviaturas:  $O_2^{\bullet -}$ : radical anión superóxido,  $HO^{\bullet}$ : radical hidróxilo,  $RO^{\bullet}$ : radical alquilo,  $ROO^{\bullet}$ : radical peroxilo,  $ROOH$ : hidroperóxido, Fe: hierro, Cu: cobre, GSH: glutatión reducido, GSSG: glutatión oxidado, GSH-Px: glutatión peroxidasa, GSHR: glutatión reductasa, NADPH: Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato, CAT: catalasa, SOD: Superóxido Dismutasa.

## I.5. Determinación de marcadores de estrés oxidativo

Como se ha mencionado, el estrés oxidativo es causante de daño celular y está involucrado en múltiples patologías, por lo cual resulta de gran importancia conocer los métodos que se han establecido para su medición tanto directa como indirecta. Entre los primeros están la medición de la concentración de agentes oxidantes, que es difícil evaluar por su corta vida media y lo costoso que resultan los equipos, es por esto que frecuentemente son utilizadas las mediciones indirectas basadas en la determinación de productos terminales, la concentración de antioxidantes reactivos y del balance dinámico entre los dos anteriores para obtener el estado antioxidante total. (Ver Tabla 1.5.1) (20)

Tipo de medición	Marcadores	Pruebas y métodos de detección
Medición directa	ERO  ERN	Método de Atrapamiento de Spin (STM) Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE). Espectrometría de la resonancia de la rotación Fluorescencia (2', 7' diclorofluoresceína)
Medición indirecta	Lípido – MDA - TBARS - Hidroperoxidación lipídica, HEL - HNE - 8-iso-PGF <sub>2</sub> Proteína - Carbonilo -3-Nitrotirosina	Colorimétrico, fluorométrico, ELISA, HPLC Colorimétrico, fluorométrico HPLC Colorimétrico, Fluorométrico, ELISA ELISA, HPLC Colorimétrico, ELISA

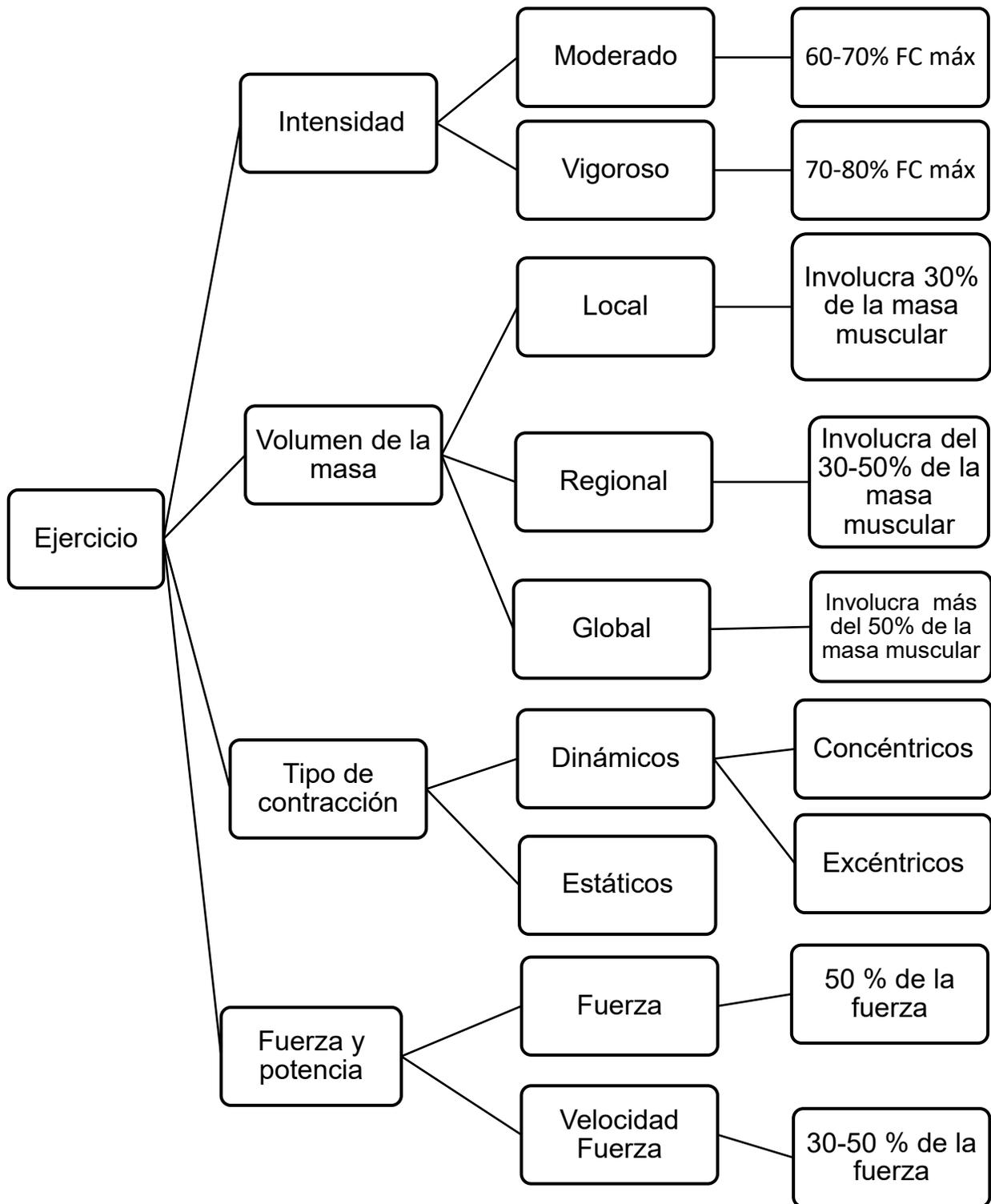
	- Tiolproteína ADN - 8-Hidroxi- 2'-deoxiguanosina - Ruptura del ADN	Ensayo cometa, citometría de flujo
Antioxidante	Enzimáticas: Superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa, xantina oxidasa	Colorimétrico, ELISA
	No enzimáticas: Glutatión, Ácido ascórbico, $\alpha$ tocoferol, $\beta$ caroteno, licopeno Zn, Se, Mn, Cu, Fe	Colorimétrico, fluorométrico, HPLC Colorimétrico Fotometría de llama
Capacidad antioxidante		TAS TEAC FRAP ADMA TRAP

**Tabla I.5.1.** Marcadores de estrés oxidativo y sus métodos de detección (21)

Abreviaturas: Especies reactivas de oxígeno: ERO, Especies reactivas del nitrógeno: ERN, Malonildialdehído: MDA, Sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico: TBARS, 4-Hidroxinonenal: HNE, F2 isoprostanos: 8-iso-PGF<sub>2</sub>, Hexanoil-Lys aducto: HEL, Total Antioxidant Status: TAS, Trolox Equivalent Antioxidant Capacity: TEAC, Ferric Reducing Atioxidant Power: FRAP, Asymmetric Dimethylarginie: ADMA, Total Radical-Trapping Potential: TRAP

## I.6. Ejercicio

El ejercicio físico es definido como el movimiento corporal planificado, estructurado y repetido, realizado para mantener o aumentar uno o más componentes de la forma física. (22) La clasificación del ejercicio puede ser de acuerdo al tipo de la contracción, intensidad, volumen muscular, la fuerza y potencia (ver figura 1.6.1).



**Figura 1.6.1.** Clasificación general del ejercicio (23)

Un ejercicio físico puede involucrar diferentes clasificaciones; se entiende por intensidad al esfuerzo realizado para ejercer una actividad, usualmente es evaluado mediante pruebas de costo funcional como la frecuencia cardiaca (FC) que clasifica una actividad de intensidad moderada aquella que se realiza con un porcentaje de trabajo del 60 al 70 % de su frecuencia cardiaca máxima (FC máx.).(24) La clasificación de acuerdo al volumen de la masa hace referencia los segmentos corporales que pueden ser locales, regionales o globales. Por el tipo de contracción, esta involucra la dirección que conllevan las fibras musculares durante la actividad. En los dinámicos hay modificación métrica del músculo y en los estáticos o isométricos son de escasa duración y predomina la energía anaeróbica. (25) Los ejercicios de fuerza son aquellos que requieren de un esfuerzo que implique ejecutar una capacidad de fuerza y se subclasifican de acuerdo al porcentaje de esfuerzo empleado y el tipo de contracciones realizadas. (25)

Los beneficios del ejercicio son mejorar condiciones cardiovasculares, disminuir la cantidad de masa grasa, estimular la síntesis proteica, aumentar el tamaño de fibras musculares, prevención de osteoporosis y riesgo de caídas (6,26,27)

### **1.7. Efecto del ejercicio sobre el estrés oxidativo**

El oxígeno tiene un desempeño importante en el ejercicio físico, este elemento tiene un perfil con doble efecto fisiológico: es esencial para el desarrollo de la vida aerobia y posee efectos tóxicos para la célula porque genera subproductos muy reactivos que, bajo ciertas condiciones, pueden iniciar un proceso de estrés oxidativo, razón por la cual el ejercicio físico induce, en grado variable, un estrés metabólico y mecánico que puede provocar un desequilibrio de la homeostasis en favor de los compuestos oxidantes.(22)

Sin embargo, cierto nivel de estos compuestos oxidantes ejerce efectos positivos sobre las funciones inmunitarias del organismo, sobre el recambio tisular y la resistencia celular, e incluso sobre la propia contracción muscular y adaptación al ejercicio sistemático. (28) Varios mecanismos fisiológicos, participan en la producción de las ERO durante el ejercicio sin embargo existen otros factores de riesgo oxidativo que favorecen la ocurrencia de estrés oxidativo, como la dieta, la temperatura, el grado de hidratación, el nivel de entrenamiento del individuo, etc. (17,28) Aunque el estrés oxidativo es potencialmente relevante entre los mecanismos vinculados a la fatiga muscular y la recuperación frente al ejercicio, existe un creciente número de publicaciones que lo vinculan con la ocurrencia de fenómenos adaptativos del sistema inmunológico y de la defensa antioxidante del deportista, lo que conduce en última instancia a una mayor citoprotección y resistencia biológica del organismo. (27)

La evidencia actual sugiere que los músculos que se contraen producen oxidantes de una variedad de ubicaciones celulares y se ha demostrado que el entrenamiento físico promueve un aumento en las enzimas antioxidantes clave en

el músculo esquelético causada por la acumulación de proteínas enzimáticas y relacionada con la generación mitocondrial de ROS en donde las células musculares juegan un papel importante (c2C12, el factor nuclear (NF)  $\kappa$ B , etc) en la respuesta de SOD, catalasa y GPX al tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, por lo tanto, se sugiere que la producción inducida por la contracción de especies reactivas de oxígeno (ROS) puede estimular las adaptaciones tipo hormesis que se refiere al fenómeno de que una exposición o exposiciones repetidas de una toxina pueden provocar cambios adaptativos dentro del organismo para resistir dosis más altas de toxina con un daño reducido. (29) Por tanto, el ejercicio impone un estrés para el organismo que responde con un proceso de adaptación según la magnitud de esfuerzo que se ejerce sobre el organismo. (16,30,31)

En la Figura I.7.1 se esquematizan las principales vías de señalización REDOX en el músculo esquelético, incluyendo las principales fuentes de generación de RL en la célula en respuesta al ejercicio y los cambios inducidos por el ejercicio en sustancias transmitidas por la sangre, y diafonía entre las vías nucleares y mitocondriales para conferir expresión génica y modificación postraduccional de diversas enzimas, proteínas y factores de transcripción.(29)



## **I.8. Intervenciones para mejorar el estrés oxidativo**

Los RL y el EOx están involucrados en la etiopatogenia de múltiples enfermedades crónico degenerativas, por lo anterior para mantener el equilibrio REDOX se ha propuesto un estilo de vida saludable que involucre una alimentación equilibrada y practica regular de actividad física que implica todo el cuerpo en términos de metabolismo de energía, movilización y acción hormonal, respuestas inmunológicas y adaptaciones.(32) Por esto, se han empleado varias estrategias terapéuticas con el fin de mejorar los niveles de antioxidantes endógenos tales como la restricción dietética, suplementos antioxidantes dietéticos y el uso de fármacos antioxidantes. (33)

Los resultados de los estudios clínicos siguen causando controversias o son poco concluyentes, pero hay evidencia sobre el consumo algunos antioxidantes y cofactores entre ellos el  $\alpha$ - tocoferol y ácido ascórbico suministrado en ancianos puede prevenir la aparición de EOx y daño al ADN, repercutiendo en su longevidad, los estudios realizados con vitamina E indican que la administración de 600 UI de dicha vitamina por 4 semanas reduce significativamente los niveles de LPO en plasma. Se ha reportado que la ingesta baja de vitamina E (400 UI) combinada con otras vitaminas y minerales se correlaciona con una reducción en la mortalidad por cualquier causa. (34,35)

## I.9. ANTECEDENTES

En una investigación realizada por Rosado y cols., con el fin de evaluar el efecto de dos tipos de ejercicios considerados de moderada intensidad (Tai Chi y caminar) sobre la reducción del estrés oxidativo (EOx) medido por marcadores de EOx y enzimas antioxidantes. Hicieron partícipes a 106 adultos mayores Mexicanos entre 60 y 74 años de edad, clínicamente sanos y divididos en 3 grupos: grupo control sin intervención de ejercicio ( $n = 23$ ), grupo de caminata como ejercicio global ( $n = 43$ ), y grupo de Tai Chi que involucra fuerza y resistencia ( $n = 31$ ). Se midieron los niveles de peróxidos lipídicos (LPO) como marcador oxidante y como enzimas antioxidantes: superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GPx), así como el estado antioxidante total (TAS), previo a la intervención y a los 3 meses de la misma, encontrando que los niveles de LPO, disminuyeron significativamente en el grupo de Tai Chi al inicio  $0.287 \pm 0.01$  mmol/L y después de la intervención  $0.257 \pm 0.09$  mmol/L; ( $p < 0.05$ ); y por el contrario, hubo un aumento significativo en el grupo de caminata, al inicio  $0.244 \pm 0.01$  mmol/L y después de la intervención  $0.330 \pm 0.01$  mmol/L; ( $p < 0.001$ ). Dichos resultados sugieren que la práctica del Tai Chi produce mayor efecto antioxidante comparado con practicar caminata. (36)

Posteriormente y con el fin de comparar el efecto del entrenamiento de resistencia realizado a diferentes frecuencias seguido de un periodo de desentrenamiento sobre la fuerza muscular y biomarcadores de estrés oxidativo en mujeres mayores, Padilha C. y cols. reunieron 27 mujeres físicamente independientes con una edad de  $68.8 \pm 4.8$  años e IMC de  $28.3 \pm 4.9$  Kg/m<sup>2</sup> aleatorizadas en dos grupos de entrenamiento con distintas frecuencias (G2: 2

veces por semana vs G3: 3 veces por semana) durante doce semanas, se realizaron evaluaciones al inicio, posterior al entrenamiento y tras un periodo de desentrenamiento (12 semanas), utilizaron pruebas de repetición máxima (RM) como medidas de fuerza y productos de proteína oxidada avanzada (AOPP), el parámetro antioxidante total de captura de radicales (TRAP) como indicadores de estrés oxidativo. Al final del periodo de entrenamiento ambos grupos aumentaron su fuerza en presión de pecho G2: +11.9 % y G3: +27.5 % ( $p < 0.05$ ); en cuanto al periodo de desentrenamiento se observó una disminución significativa en la presión de pecho de 10.2% y 9.1% ( $p < 0.05$ ) respectivamente. Para los indicadores de estrés oxidativo ambos grupos mostraron aumentos significativos ( $p < 0.05$ ) en la TRAP (G2: + 6.9% vs. G3: + 15.1%) tras el periodo de desentrenamiento este biomarcador aumentó, pero este no fue estadísticamente significativo, la AOPP no se modificó por el entrenamiento o desentrenamiento ( $p > 0.05$ ). Los resultados sugirieron que un programa de entrenamiento de resistencia de 12 semanas con una frecuencia de 2 días por semana puede ser suficiente para mejorar el estrés oxidativo mediante el aumento de TRAP, la fuerza muscular, y el desentrenamiento durante 12 semanas no revierte por completo los cambios inducidos por el programa de entrenamiento.(37)

En otro estudio realizado por Fraile y cols. se examinó la relación entre la actividad física y marcadores de estrés oxidativo, incluyeron adultos con edades  $\geq$  60 años (61 mujeres y 34 hombres) capaces de realizar las actividades diarias básicas por sí mismos. La actividad física fue evaluada utilizando los datos de acelerómetros y la determinación del estrés oxidativo se llevó a cabo a partir del estado antioxidante total (TAS), glutatión peroxidasa (GPx), catalasa (CAT),

superóxido dismutasa (SOD), y lípidos de membrana de peroxidación (TBARS). Los resultados mostraron que el TAS fue significativamente menor en el grupo de mujeres que cumplía con las recomendaciones de actividad física  $1.0 \pm 0.22$  mmol/L comparadas con el grupo de mujeres sin ejercicio  $1.19 \pm 0.23$  mmol/L ( $p < 0.005$ ). Las actividades de GPx antioxidante y SOD fueron similares en ambos grupos de mujeres y hombres. En cuanto a la CAT la actividad fue significativamente mayor en el grupo que cubría las recomendaciones de ejercicio  $17.2 \pm 10.8$  nmol/min/ml comparados con el grupo que realizaba actividad física de moderada a vigorosa  $11.5 \pm 9.05$  nmol/min/ml ( $p < 0.05$ ). El estudio sugiere que una actividad física moderada a vigorosa puede tener un efecto protector contra el estrés oxidativo mediante el aumento de enzimas antioxidantes. (38)

Respecto a los efectos del ejercicio sobre la composición corporal y la fuerza en pacientes mayores de 60 años, Hung Ting Chen y cols. reportaron los efectos del entrenamiento de resistencia (RT), el entrenamiento aeróbico (AT) y la combinación de los anteriores (CT) sobre la composición corporal, la fuerza y el factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1) de pacientes con obesidad sarcopénica, se incluyeron 60 participantes entre 65-75 años que fueron asignados aleatoriamente a los distintos tipos de ejercicio y a un grupo control. La frecuencia de los entrenamientos fue de dos veces por semana durante ocho semanas, evaluaron la fuerza de agarre por dinamometría, la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica (Inbody 720) así como las concentraciones de IGF1 al inicio a la semana 8 y 12. Sus resultados fueron un aumento estadísticamente significativo del peso corporal en el grupo control  $69.2 \pm 9.6$  a  $69.4 \pm 9.6$  kg ( $p = 0.05$ ) en los grupos con ejercicio se observa una disminución pero no

resulta significativa, en relación a la masa músculo esquelética (MME) se encontró un aumento significativo en los grupos de intervención, de igual manera la masa grasa corporal se redujo ( $p= 0.05$ ), sin embargo sólo el grupo de ejercicio de resistencia mostró un aumento significativo ( $p=0.05$ ) de la fuerza y el IGF-1 en comparación con el grupo control.(39)

Francesco Campa y cols. evaluaron los beneficios de un programa de ejercicios de suspensión adecuado para adultos mayores. Este estudio experimental incluyó treinta mujeres entre  $66 \pm 4.7$  años de edad e IMC de  $30.6 \pm 5.3$  kg/m<sup>2</sup> que fueron aleatorizadas en dos grupos el grupo de entrenamiento (n= 15) y el grupo control (n= 15) ambos fueron evaluados al inicio y a las 12 semanas, se midieron parámetros antropométricos, de impedancia bioeléctrica y fuerza de la empuñadura. Los resultados mostraron un aumento en la fuerza de la mano dominante (1.7 kg) en el grupo de entrenamiento, disminución del % de masa grasa en un 1.8% y aumento de 0.3 grados del ángulo de fase estas diferencias se mostraron significativas ( $p=0.05$ ) en comparación al grupo control.(40)

**Tabla I.9.1.** Estudios relacionados con ejercicio sobre marcadores de EOx y composición corporal

Título, autor y año	Objetivo	Población	Marcadores	Conclusiones
<p><b>Efecto del Tai Chi vs Caminar sobre el estrés oxidativo en adultos mayores mexicanos</b></p> <p><b>Rosado y cols., 2013</b></p>	<p>Evaluar el efecto de la práctica de caminar y practicar Tai Chi sobre los marcadores de EOx</p>	<p>n= 137 (66 ± 6 años)</p> <p>Grupo control= 42</p> <p>Grupo de Tai Chi= 40</p> <p>Grupo de caminata= 55</p> <p>Actividades realizadas durante 12 semanas</p>	<p>LPO, SOD, GPx y TAS</p>	<p>Ambos grupos con ejercicio mejoraron Presión arterial respecto al grupo control.</p> <p>Mejoro la LPO en el grupo de Tai Chi y esto fue significativo.</p>
<p><b>Efecto del entrenamiento de resistencia con diferentes frecuencias en biomarcadores de estrés oxidativo y fuerza muscular en mujeres mayores</b></p> <p><b>Padilha y Cols., 2015</b></p>	<p>Evaluar el efecto del entrenamiento de resistencia sobre estrés oxidativo y la fuerza</p>	<p>n= 27 mujeres físicamente independientes (68.8 ± 4.8 años)</p> <p>Entrenamiento de resistencia 2 veces por semana durante 12 semanas n= 13</p> <p>Entrenamiento de resistencia 3 veces por semana durante 12 semanas n= 14</p>	<p>TRAP, AOPP</p> <p>Fuerza medida por RM de chest press</p>	<p>Un programa de RT de 12 semanas con una frecuencia de 2 días a la semana puede ser suficiente para mejorar la fuerza muscular pero no el EOx.</p>

<p><b>Relación entre la actividad física y los marcadores de estrés oxidativo en individuos mayores que viven en comunidades independientes</b></p> <p><b>Fraile A., 2015</b></p>	<p>Evaluar la relación entre actividad física y marcadores de EOX en personas <math>\geq 60</math> años independientes</p>	<p>n= 61 mujeres de <math>70.1 \pm 6.6</math> años y 34 hombres de <math>70.6 \pm 7.4</math> años</p>	<p>AF:acelerómetros</p> <p>TAS, GPx, CAT, SOD, TBARS</p>	<p>La actividad física moderada a vigorosa puede tener un efecto protector contra el Eox mediante el aumento de enzimas antioxidantes.</p>
<p><b>Efectos de diferentes tipos de ejercicio sobre la composición corporal, la fuerza muscular y el IGF-1 en ancianos con obesidad sarcopénica</b></p> <p><b>Hung-Ting Chen, 2017</b></p>	<p>Evaluar el efecto de los diferentes tipos de ejercicio sobre la composición corporal, fuerza y el IGF-1</p>	<p>Adultos de 65-75 años de edad con obesidad sarcopénica</p> <p>Aeróbico: 24</p> <p>Resistencia: 22</p> <p>Combinado:25</p> <p>Control:22</p>	<p>MME</p> <p>MGC</p> <p>IGF-1</p> <p>Fuerza</p>	<p>Los grupos de ejercicio mostraron un aumento en la MME y una reducción de la MGC. La fuerza muscular y el nivel sérico de IGF-1 en los grupos entrenados, especialmente en el grupo de resistencia, fueron superiores respecto al grupo control.</p>
<p><b>Cambios en el ángulo de fase y la fuerza de agarre inducidos por el entrenamiento de suspensión en mujeres mayores</b></p> <p><b>Francesco Campa, 2018</b></p>	<p>Evaluar el efecto de 12 semanas de entrenamiento sobre la fuerza y los parámetros de impedancia antropométrica y bioeléctrica en adultos mayores.</p>	<p>Mujeres mayores (<math>66 \pm 5</math> años, IMC <math>30,6 \pm 5,3</math> kg/m<sup>2</sup>)</p> <p>Grupo de entrenamiento: 15</p> <p>Grupo control:15</p>	<p>Fuerza</p> <p>% MG</p> <p>Ángulo de fase</p>	<p>Se obtuvieron cambios en la disminución del % MG en el grupo que realizó el entrenamiento, aumento del ángulo de fase y fuerza.</p>

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El envejecimiento de la población del mundo sigue en aumento con el número de personas mayores de 60 años y más, se espera que supere el número de niños en el mundo en el año 2045 (41). Por un lado, el envejecimiento genera una serie de cambios biológicos como la fragilidad y sarcopenia, síndromes geriátricos que conducen a la pérdida de la funcionalidad y por otro lado este proceso está estrechamente asociado con el estrés oxidativo, mismo que desempeña un papel importante en la fisiología normal de los sistemas biológicos y que siguen siendo de gran controversia.

De acuerdo a la literatura revisada el ejercicio de fuerza con intensidad moderada mejora la capacidad funcional gracias a la versatilidad del músculo, en este sentido, se ha informado que según la magnitud del ejercicio se induce un cambio en la homeostasis entre oxidantes-antioxidantes, pero poco se sabe de este evento aunado al entrenamiento de fuerza y sus repercusiones sobre la composición corporal entendido como el estado nutricional del adulto mayor. Esta falta de información genera dificultades en la implementación de medidas específicas, y su esclarecimiento permitiría hacer recomendaciones en este tipo de pacientes, motivo por el cual surge la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál es el efecto del ejercicio físico moderado realizado durante 12 semanas sobre las concentraciones de marcadores de estrés oxidativo (GPx, SOD, LPO y TAS) y estado nutricional en adultos mayores de 60 años?

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El envejecimiento óptimo de la población puede considerarse un éxito de las políticas de salud y el desarrollo socioeconómico, lo cual representa un verdadero reto, por tal motivo, el ejercicio constituye una estrategia en la mejora de la salud y la capacidad funcional de los adultos mayores.

Estudios sobre ejercicio para este grupo de edad reporta mejoras de manera independiente sobre la capacidad funcional, disminución de masa grasa, rendimiento físico y aumento de la actividad antioxidante conexos con el aumento o disminución del estrés oxidativo mismo que se encuentra relacionado con el proceso de envejecimiento y múltiples enfermedades crónico degenerativas usualmente sobrellevadas en esta etapa, sin embargo poco se ha reportado en conjunto, y aún sigue siendo un tema de controversia para la aplicación de un programa de ejercicio eficaz y seguro para el adulto mayor, en este sentido, resulta importante establecer indicaciones específicas sobre la frecuencia y tipo de ejercicio que determinen la eficiencia de la actividad antioxidante y la producción de radicales libres.

## **IV. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **IV.1. Objetivo general**

Evaluar el impacto del ejercicio físico moderado sobre las concentraciones de marcadores estrés oxidativo (LPO, SOD, GPx y TAS) y estado nutricional.

### **IV.2. Objetivos específicos**

- Determinar el cambio en las concentraciones de estrés oxidativo en ambos grupos después de la intervención mediante los marcadores de oxidación: LPO, SOD, GPx, y TAS por grupo de estudio.
- Determinar el cambio en la composición corporal mediante los valores de impedancia (Resistencia, reactancia, ángulo de fase) en ambos grupos de estudio tras el periodo de intervención.
- Determinar el aumento de la funcionalidad física y muscular mediante la prueba de caminata de 4 metros y dinamometría por grupo de estudio.

## **V. HIPÓTESIS:**

Los adultos mayores sometidos a una intervención de ejercicio físico moderado durante 12 semanas aumentarán el sistema de defensa antioxidante enzimático y mejorarán el estado nutricional en comparación con aquellos que solo recibieron recomendaciones de ejercicio.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **VI.1. Diseño de estudio:**

Ensayo clínico aleatorizado

### **VI.2. Lugar y tiempo de estudio:**

Unidad de investigación Gerontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, en coordinación con la delegación Tlalpan, CDMX. Periodo noviembre 2017 - noviembre 2018

### **VI.3. Tipo de muestreo:**

Aleatorización simple

### **VI.4. Población de estudio:**

Grupos gerontológicos de la delegación Tlalpan, CDMX (Tlalcoligia, Valle Verde, San Pedro Mártir, Miguel Hidalgo Villa Olímpica, Ajusco) pertenecientes al “Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario” dirigido por la Unidad de Investigación Gerontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM.

### **VI.5. Tamaño de la muestra:**

Se realizó el cálculo de tamaño de muestra con base a la fórmula de diferencia de medias, con los valores del marcador de SOD (36) obteniendo los siguientes resultados:

$$N=2 \left[ \frac{(Z-Z\beta)DE}{\mu_1-\mu_2} \right]^2$$

Donde:

$z_{\alpha}$  = Valor z correspondiente al error alfa ( $p 0.05=1.96$ )

$z_{\beta}$  = Valor z correspondiente al error beta (20%)

DE= Desviación estándar (0.01)

$\mu_1$  = Media del grupo A (177 U/ml)

$\mu_2$  = Media del grupo B (171 U/ml)

Sustituyendo

$n = 28 + 30\%$  por perdidas= 40 por grupo

#### **VI.6. Criterios de selección:**

Criterios de inclusión

- Adultos de 60 años pertenecientes al “Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario”.
- Consentimiento informado aceptado.
- Pacientes con electrocardiograma normal y bajo la aprobación médica para realizar ejercicio.

Criterios de exclusión

- Pacientes con enfermedades autoinmunes.
- Pacientes con amputación de alguna de sus extremidades.
- Pacientes que ya se encuentren realizando algún tipo de ejercicio o que hayan realizado ejercicio en los últimos 3 meses.

- Pacientes que tengan un alto consumo de alcohol y tabaco (más de 3 copas por semana y más de 3 cigarrillos por semana).
- Pacientes bajo suplementación antioxidante.
- Pacientes que tengan contraindicación médica o incapacidad para realizar ejercicio: Cardiopatía isquémica conocida, infarto agudo al miocardio en los últimos seis meses, insuficiencia cardiaca descompensada en estadios III-IV de la NYHA, trastornos del ritmo cardiaco (arritmias no tratadas) e insuficiencia arterial periférica aguda.
- Pacientes con descontrol glucémico agudo (hiperglucemia mayor de 250 mg/dl o hipoglucemia menor de 60 mg/dl) e Hipertensión arterial descontrolada (mayor de 180/90 mmHg).

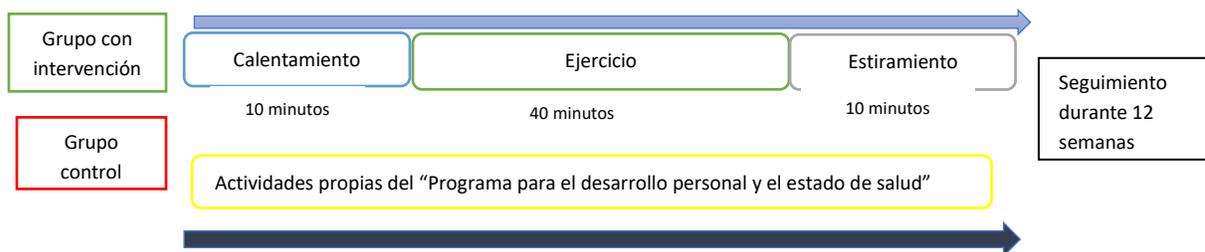
## **VII. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO**

El “Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario” es un proyecto mayor que tiene como objetivo promover el envejecimiento saludable a través de un equipo multidisciplinario que involucra el autocuidado mental y físico en este sentido la convivencia, actividad física y alimentación son pilares del proyecto. Por tanto, el presente trabajo es una subdivisión del proyecto mayor en el cual se realizó la invitación a todos los adultos mayores que cumplían con los criterios de selección, al aceptar participar se firmó de forma voluntaria un consentimiento informado donde se explica en qué consiste el estudio, el compromiso que se adquiere y la confidencialidad en el uso de sus datos. (ANEXO 1)

Los grupos gerontológicos fueron designados de forma aleatoria en 2 grupos de investigación (ver figura VII.1.):

Grupo con intervención de ejercicio físico moderado, impartido de manera grupal, 3 días a la semana con una duración de 60 minutos en el horario establecido por la clínica de la unidad comunitaria durante 12 semanas.

Grupo control, sin intervención de ejercicio físico moderado solo recomendaciones generales de ejercicio y monitoreo.



**Figura VII.1.** Diagrama general de la intervención

A todos los adultos mayores que forman parte del "Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario" se les realiza una evaluación general que incluyen datos sociodemográficos, económicos, antecedentes patológicos, evaluación dentaria, antropometría, evaluación del estado nutricional (MNA), electrocardiograma, entre otros apartados mismos que son dirigidos por expertos en cada área (médico en deporte, médico general, enfermera, psicólogo, odontólogo, químico fármaco biólogo y nutricionista), únicamente a quienes acepten formar parte de los grupos de trabajo además de los datos mencionados se les tomaran muestras sanguíneas para evaluar

marcadores de pruebas especiales (estrés oxidativo) al tiempo cero y a las doce semanas. (ANEXO 2)

A los sujetos incluidos en el grupo de intervención se les solicitó llevar agua y toalla en cada sesión de ejercicio. Las sesiones de ejercicio fueron supervisadas por el equipo de salud, quienes atendieron los criterios de seguridad además contaban con un botiquín de emergencia que incluía estetoscopio, baumanómetro, glucómetro, alcohol, torundas, vendas, gasas, etc. Se pasó lista en cada sesión además de llevar un calendario de adherencia mensual que también fluctuó como manual de ejercicio (ANEXO 3) con el fin de evaluar el apego considerando una adherencia aceptable aquellas personas que cumplieran con el 80% de asistencia. La intervención tuvo una duración de 12 semanas con una frecuencia de asistencia de 3 veces por semana.

### **VII.1. Descripción de la intervención**

Para establecer la intensidad del ejercicio, se utilizó la escala de esfuerzo percibido de Borg que tiene una escala del 6 al 20 donde un ejercicio de intensidad moderada debe ser percibido entre 12 o 13. Además, se hizo uso del acrónimo FITT para establecer e individualizar los parámetros que componen el programa de ejercicio:

F: Frecuencia, 3 veces por semana

I: Intensidad, moderada

T: Tiempo, 60 minutos por sesión

T: Tipo, ejercicio físico de fuerza

### **VII.1.1. Grupo con ejercicio físico moderado**

1.-Fase de calentamiento con movimientos cotidianos de cabeza a pies (10-15 minutos)

- Cabeza: Movimientos arriba y abajo, laterales derecho e izquierdo (oreja hacia hombro) 16 repeticiones
- Brazos: Movimientos circulares hacia el frente en 16 repeticiones.

Extendidos al frente y subir arriba y abajo 16 veces.

Extendidos a los lados realizar círculos hacia dentro y fuera hasta realizar 16 repeticiones.

Poner brazos pegados al cuerpo y elevar antebrazos a hombros hasta realizar 38 repeticiones.

- Cintura: Inclinar la cintura a la derecha e izquierda de manera alternada 16 veces, realizar movimientos circulares hacia la derecha e izquierda 16 veces.
- Piernas: Marcha en su lugar 16 repeticiones por pierna.

Llevar el talón derecho al glúteo derecho, bajar y elevar el talón izquierdo al glúteo izquierdo, repetir hasta tener 16 repeticiones por pierna.

- Pies: Punta-talón, elevar punta y bajar hasta los talones, hacerlo por 38 tiempos.
- Baile con variedad de ritmos y caminatas que se irán alternando por días

2.- Fase de ejercicio de fuerza (40 minutos):

Ejercicio de fuerza por segmentos corporales. Se trabajó sin peso y al cabo de una semana se implementó un aumento progresivo por medio de polainas y ligas de

resistencia, se realizaron de 2 a 3 series de ejercicios por segmentos corporales con un aumento progresivo del número de repeticiones por serie de 6 a 16.

Rutinas por segmentos corporales:

#### Miembros inferiores

- El paciente deberá estar sentado con la espalda recta para después levantar una pierna del suelo y la mantendrá arriba e ir alternando con la otra.
- De pie el paciente deberá apoyarse para elevar de forma lateral la pierna y alternar con la otra.
- De pie el paciente deberá elevar la pierna de manera recta hacia atrás y alternarla con la otra.
- Con apoyo de una silla el paciente deberá sentarse y pararse de la silla lentamente, con la espalda recta, los pies a la altura de los hombros y las puntas ligeramente abiertas.

#### Miembros superiores

- El paciente deberá mantener la espalda recta, doblará el brazo a la altura del codo haciendo un ángulo de 90° y levantará el antebrazo hasta que sus manos estén a la altura del oído por arriba de los hombros para después regresar lentamente a la posición inicial.
- Llevar los brazos extendidos hacia el atrás de tal manera que las muñecas queden a la altura de los glúteos con palmas arriba, subir y bajar muñecas manteniendo la posición.
- Elevar los brazos hacia el frente a la altura de los hombros y separarlos hacia los laterales.

- Subir los brazos por encima de la cabeza y abrir manteniéndolos totalmente rectos.
- El paciente deberá extender los brazos a la altura de los hombros y realizar pequeños círculos al aire primero hacia adentro y después hacia afuera.

Por cada serie se dejó un breve descanso (60 segundos) que permitía la recuperación; la progresión peso dependió de la tolerancia de cada paciente. Al final de cada serie se realizó tensión (ejercicio estático) durante un promedio de 6 segundos.

3.- Estiramiento por segmentos corporales (10-15 minutos)

#### **VII.1.1.1. Criterios de seguridad para el ejercicio**

Antes de la intervención los pacientes fueron evaluados por un médico general.

Durante las sesiones de ejercicio los pacientes fueron monitoreados a través de su frecuencia cardiaca:

Se calculó la frecuencia cardiaca máxima ( $F_{cmax}=220-edad$ ) para evaluar la frecuencia cardiaca reserva mediante el método de Karvonen ( $FC \text{ esperada} = [(FC \text{ máx.} - FC \text{ reposo}) \times \% \text{ de trabajo}] + FC \text{ reposo}$ ) para obtener los dos límites en los cuales se debía estar trabajando el paciente en una actividad física moderada (60-80%)

Se le pidió al paciente que notificara cualquier malestar (dificultad para respirar, dolor en el pecho, calambres, mareo, fatiga excesiva, visión borrosa, etc.) presente durante la sesión para valorarlo (botiquín). En caso de presentar algún malestar debía acudir al médico antes de presentarse a la siguiente sesión.

Después de la sesión del ejercicio, se aplicaba la escala para monitorear el esfuerzo percibido. (ANEXO 4)

### **VII.1. 2. Grupo control**

El grupo control al igual que todos los adultos del “Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario” fue evaluado y monitoreado conforme al cronograma de actividades

## **VIII. MEDICIONES**

Las mediciones fueron realizadas por un grupo de profesionistas de la FESZ UNAM y del INCMNSZ (químico fármaco biólogo, médico general, enfermero y nutriólogo respectivamente) que previamente fueron estandarizados. A todos los pacientes se les realizó una medición basal (al tiempo cero) y a las 12 semanas que incluyeron la toma: marcadores bioquímicos, marcadores del estado nutricio como peso, talla, circunferencias, impedancia, dinamometría, clínicas como la toma de presión arterial, velocidad de la marcha y fuerza.

## VIII.1. Marcadores bioquímicos

### VIII.1.1. Lipoperóxidos (LPO)

- Esta técnica utiliza el malonaldehído (MDA) como marcador de lipoperoxidación, mediante una reacción con ácido tiobarbitúrico (TBA), el cual forma un pigmento de color rosa que se mide a 535nm. La formación del complejo TBA-MDA por eliminación de oxígeno se ve favorecida por la adición de butiril-hidroxitolueno (BHT).
- Muestra: la muestra utilizada es plasma heparinizado, al cual se adicionan 10µL de BHT 2mmol por cada 1ml de plasma en caso de que éste no se vaya a ensayar inmediatamente, para prevenirla autooxidación de la muestra. El método utilizado se basa en el análisis realizado por Jentzsch en 1996 en relación al malondialdehído en fluidos corporales humano. (42)

Procedimiento:

#### MUESTRAS

1. Se marcan los tubos de vidrio necesarios (uno por muestra).
2. Si las muestras se congelaron, se deben descongelar perfectamente y centrifugar a 3000 rpm por cinco min antes de trabajarlas.
3. Una vez descongeladas y centrifugadas se miden 400 µL de plasma heparinizado en el respectivo tubo y se agregan 50 µL de BHT 12.6 mM y 400 µL de ácido ortofosfórico 0.2 mol/L consecutivamente, se mezclan y se agitan en vórtex por 10 seg.
4. Se adicionan 50 µL de TBA 0.11mol/L, se mezclan y agitan en vórtex por 10 seg.
5. Se tapan los tubos y se colocan en un baño de agua a 90°C por 45 minutos.
6. Cuidadosamente se sacan los tubos del baño y se colocan en hielo, una vez fríos, se agrega a cada tubo 1200ml de butanol y 100 µL de solución saturada de cloruro de sodio.

7. Se mezclan y agitan en vórtex por 10 seg. Posteriormente se centrifugan a 5000rpm por 2min
8. Se extrae el sobrenadante y se lee contra blanco de butanol a 535 nm y a 572 nm para hacer corrección de lectura por presencia de aductos coloridos que se forman durante la reacción y se calcula la diferencia.
9. Se calcula el delta de absorción sustrayendo la lectura obtenida a 572 nm de la lectura de 535 nm.
10. La concentración de lipoperóxidos se calcula al interpolar en la curva estándar construida cantidades crecientes de la sustancia patrón que es el 1, 1, 3,3-tetrametoxipropeno (TMP).

#### Recta de calibración

Para la recta se preparan las siguientes soluciones a partir de la sustancia patrón que es el 1,1,3,3-tetrametoxipropeno (TMP).

- a) TMP 1mM: se diluyen 17 $\mu$ L de TMP en 100ml de agua destilada (solución madre preparada en función del peso molecular del TMP)
- b) TMP 0.2 mM: se toma 1ml de TMP 1mM y se añaden a 4ml de agua bidestilada (se prepara cada vez que se usa).

Se preparan ocho tubos de concentraciones crecientes como se muestra a continuación:

Tubo	TMP ( $\mu$ L)	H <sub>2</sub> O (mL)	MDA ( $\mu$ mol/L)
1	0	1.000	0
2	5	0.995	0.2
3	10	0.990	0.4
4	20	0.980	0.8
5	30	0.930	1.2
6	50	0.950	2.0
7	70	0.930	2.8
8	100	0.900	4.0

**Tabla VIII.1.1.** Concentraciones crecientes de TMP

1. Se marcan otros ocho tubos y se miden 400  $\mu\text{L}$  de cada estándar en el respectivo tubo, 50  $\mu\text{L}$  de BHT 12.6 mM y 400  $\mu\text{L}$  de ácido ortofosfórico 0.2 mol/L consecutivamente, se mezclan y se agitan en vórtex por 10 segundos.
2. Se adicionan 50  $\mu\text{L}$  de TBA 0.11mol/L, se mezclan y agitan en vórtex por 10 seg.
3. Se tapan los tubos y se colocan en un baño de agua a 90°C por 45 minutos.
4. Cuidadosamente se sacan los tubos del baño y se colocan en hielo, una vez fríos, se agrega a cada tubo 1200ml de butanol y 100  $\mu\text{L}$  de solución saturada de cloruro de sodio.
5. Se mezclan y agitan en vórtex por 10 segundos, posteriormente se centrifugan a 5000rpm por 2 minutos.
6. Se extrae el sobrenadante por pipeteo y se lee contra blanco de butanol a 535 nm y a 572 nm para hacer corrección de lectura por presencia de aductos coloridos que se forman durante la reacción y se calcula la diferencia.
7. Se calcula el delta de absorción sustrayendo la lectura obtenida a 572 nm de la lectura de 535 nm.
8. Se construye la recta concentraciones vs delta de absorbencia.
9. Se interpolan los deltas de absorbencia de las muestras para obtener la concentración de lipoperóxidos en  $\square\text{mol/L}$ .

### VIII.1.2. Superóxido Dismutasa (SOD)

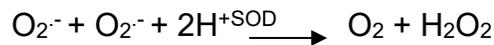
En la cuantificación de la actividad de SOD se emplea el equipo comercial RansodsUPERÓXIDODISMUTASA (Randox Laboratorios Ltd, UK) que se basa en el uso de xantina y xantinoxidasa (XOD) para formar radicales superóxidos.



Los radicales superóxido formados reaccionan con cloruro de 2-(4-yodofenil)-3-(4-nitrofenol)-5-feniltetrazolio (I.N.T.) para formar un colorante formazán rojo.



Se mide la actividad de la superóxidodismutasa por el grado de inhibición de la reacción:



#### Procedimiento

1. Se toman 500  $\mu\text{L}$  de la muestra de sangre total y se lavan los eritrocitos 3 veces con 3 mL de solución de NaCl al 0.9%, centrifugando durante 10 min a 3000 rpm después de cada lavado.
2. A el botón de eritocitos lavados, se adicionan 2 mL de agua bidestilada fría, se mezclan y dejan reposar durante 15 minutos a 4°C.
3. Del lisado se toman 100  $\mu\text{L}$  y se diluyen con 1.9 mL de tampón fosfato 0.01 mmol/L pH 7.0.
4. El espectro se pone a cero utilizando como blanco la solución amortiguadora de fosfatos, y se enciende la unidad de temperatura anexa al espectro y se ajusta a 37°C dado que es una reacción enzimática. Las lecturas se realizan a 505 nm.
5. Se pipetea 0.03 mL de la muestra diluida y se coloca en un baño a 37°C, se le adiciona 1 mL de sustrato mixto previamente colocado en el baño

a 37°C (xantina 0.05 mmol/L, I.N.T. 0.025 mmol/L, solución preparada siguiendo las instrucciones del estuche), se mezcla.

6. Se agregan 0.15 mL de xantin oxidasa a 37°C (xantin oxidasa 0.94 mmol/L, preparada siguiendo las instrucciones del estuche) y simultáneamente se dispara el cronómetro. Se mezcla y se registra la absorbancia  $A_1$  al cabo de 30 segundos y se lee la absorbancia final  $A_2$  transcurridos 3 minutos más. (En total se sigue la reacción 3 min con 30 segundos).

7. Se calcula el delta restando la absorbancia  $A_1$  de la  $A_2$  y se divide entre tres para obtener la actividad por minuto.

8. Se siguen los pasos 5 al 7 utilizando como muestra 0.030ml de agua destilada para obtener el blanco, se hace por duplicado y se calcula el promedio.

9. Para determinar el porcentaje de inhibición se realiza el siguiente cálculo:

$$100 - \left[ \frac{(\text{Delta}/\text{min muestra} * 100)}{\text{Delta}/\text{min blanco}} \right] = \% \text{ de inhibición}$$

10. Se repiten las muestras cuyo porcentaje de inhibición esté fuera del rango de 30 al 60%.

11. Para obtener la actividad de la SOD en U/ml se extrapolan los porcentajes de inhibición en la siguiente ecuación de la recta de calibración:

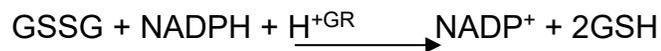
$$\text{Actividad de la enzima} = 1.21 + (0.01 * \% \text{ de inhibición}) * 100$$

### VIII.1.3. Glutación Peroxidasa (GPx)

Para la cuantificación de la actividad de glutación peroxidasa se emplea el estuche comercial de Randox, Ransel glutación peroxidasa. Este método está basado en el trabajo de Plagia y Valentine. El glutación peroxidasa (GPx) cataliza la oxidación del Glutación (GSH) por el hidroperóxido de cumeno.



El glutación oxidado (GSSG) en presencia de glutación reductasa (GR) y NADPH es inmediatamente convertido en su forma reducida con una oxidación concomitante de NADPH en NADP<sup>+</sup>. Se mide la disminución de la absorbancia a 340 nm.



Procedimiento:

1. Se diluyen 0.05 mL de sangre entera heparinizada en 1 mL de solución diluyente, preparada siguiendo las instrucciones del proveedor.
2. Se incuban durante 5 min para posteriormente añadir 1 mL de reactivo de Drabkin a doble concentración. Una vez agregado el Drabkin las muestras deben ser analizadas en los siguientes 20 min (no debe pasar más tiempo, lo cual debe considerarse para preparar el número de muestras que sea posible procesar).
3. La reacción se lee a 340nm contra blanco de agua (previo a la lectura de las muestras el espectro se pone a cero usando agua en ambas celdas). Previamente también se enciende la unidad de temperatura anexa al espectro y se ajusta a 37°C dado que es una reacción enzimática.
4. Para el ensayo, se colocan 0.02 mL de la muestra diluida en un baño de agua a 37°C y se le agrega 1 mL de reactivo de trabajo (glutación 4 mmol/L, glutación reductasa  $\geq$  0.5 U/L y NADPH 0.34mmol/L, preparado de acuerdo a las instrucciones del proveedor y puesto

previamente en un baño a 37 °C), se mezcla.

5. Al tubo se agregan 0.04 mL del reactivo de cumeno (hidroperóxido de cumeno 0.18 mmol/L, preparado de acuerdo a las instrucciones del proveedor) perfectamente agitado (ya que el cumeno es insoluble en agua) y también previamente colocado a 37° C. Simultáneamente se cronometra y se registra la absorbancia A1 transcurrido un minuto, A2 transcurridos dos minutos y A3 a los tres minutos.
6. Se miden 0.02 ml de agua como blancos y se tratan siguiendo los pasos 3 y 4.
7. Se calculan los deltas de absorbancia de muestras y blancos:  $\Delta = A1 - A3$
8. Se promedian los deltas de los blancos y se restan del delta de las muestras: Delta de la muestra - Delta blanco (por tanto debe ser menor el delta de los blancos que el de las muestras).
9. Para calcular la actividad de la enzima en U/L se multiplica la diferencia de los deltas por 8412 (para hacer el ajuste de unidades) y por 41 (es el factor de dilución).
10. Se repiten las muestras con valores menores a 3000 U/l o mayores a 12,000 U/l.

#### **VIII.1.4. Capacidad sérica antioxidante total (TAS)**

Para la determinación de la capacidad antioxidante total se emplea un estuche comercial (Total antioxidant status, RandoxLaboratoriesLtd, UK). El análisis del estado de los antioxidantes totales, se trata de una prueba en donde se combinan la peroxidasa (metamioglobina) con peróxido de hidrógeno y ABTS (2,2'-azido-di etilbenzotiazolinsulfonato) para dar como resultado la formación del radical catión ABTS<sup>+</sup>. Este radical presenta una coloración verde azulada, la presencia de antioxidantes en la muestra produce una supresión de esta coloración, siendo ésta proporcional a la concentración de antioxidantes. La muestra es plasma heparinizado, el cual se puede almacenar un máximo de 36 de 2 a 8 °C o congelarse por un máximo de 14 días.

1. La reacción se lee a 600nm, contra blanco de agua a 37 °C, para lo cual se enciende la unidad de temperatura anexa al espectro y se ajusta a 37°C.
2. Se pipetea 20 µL de plasma en un tubo y se colocan en un baño a 37°C.
3. Se adiciona 1 mL de cromógeno previamente puesto a 37°C (preparado de acuerdo a las indicaciones del proveedor).
4. Se mezcla perfectamente, se pasa a la celda y se registra la lectura de la absorbancia inicial A<sub>1</sub>.
5. Se adicionan 200 µL de sustrato (preparado de acuerdo a las indicaciones del proveedor) y simultáneamente se cronometra, se mezcla y se lee la absorbancia A<sub>2</sub> al cabo de exactamente tres minutos.
6. Se miden 20 µL de agua como blanco y se ensayan siguiendo los pasos 3 a 5, se hace por duplicado.
7. Se miden 20 µL del estándar (incluido en los reactivos del estuche y preparado de acuerdo a las instrucciones) y se ensayan siguiendo los pasos 3 a 5, por duplicado.
8. Se calcula el delta de absorbancia: A<sub>2</sub>-A<sub>1</sub>.
9. Se calcula el factor:

$$\text{Factor} = \frac{\text{Concentración del estándar}}{\text{(Delta del blanco-Delta del estándar)}}$$

10. Se calcula la concentración de antioxidantes en mmol/l:

$$\text{mmol/l} = \text{Factor} * (\text{Delta del blanco} - \text{Delta de la muestra})$$

11. Se repiten las muestras con valores menores a 0.5 o mayores a 1.5 mmol/l.

### **VIII.1.5. Glucosa**

Estuche comercial para la determinación de glucosa (método de la glucosa-oxidasa, Randox GL 2614). La glucosa se determina colorimétricamente después de una oxidación enzimática en presencia de glucosa oxidasa. La muestra y el patrón se mezclan e incuban durante 10 minutos a 15-25°C y se lee la absorbancia a 500 nm frente a blanco de reactivo.

### **VIII.1.6. Colesterol**

Estuche comercial para determinación de colesterol (método enzimático de punto final) CHOD-PAP (Randox Laboratories Ltd; UK, CH 201). El colesterol se determina colorimétricamente después de hidrólisis enzimática y oxidación. El blanco, el patrón y la muestra se agitan e incuban con el reactivo de color 10 min de 20 a 25 °C o 5 minutos a 37 °C y se mide la absorbancia a 546 nm antes de transcurrir 60 minutos.(43)

### **VIII.1.7. Triglicéridos**

Estuche comercial para la determinación de triglicéridos Randox GPO-PAP (Randox Laboratories Ltd; UK, TR212). Se determina tras hidrólisis enzimática con lipasas. El blanco, el patrón y la muestra se agitan e incuban con el reactivo de color de 10 a 15 minutos a 20 a 25 °C o 5 minutos a 37 °C, y se mide la absorbancia a 500 nm antes de transcurrir 60 minutos. (43)

## **VIII.2. Estado de nutrición**

Se les pidió a los pacientes vestir ropa ligera (pantalón corto o bañador de 2 piezas) que no dificulte las posiciones y movimientos necesarios para la realización de las mediciones. No portar accesorios que entorpezcan o introduzcan variación en las mediciones (monedas, llaves, anillos, relojes, cadenas, pulseras y semejantes). No portar zapatos ni calcetines (medias, calcetas) al momento de la medición. (44)

### VIII.2.1. Peso y talla

Para el peso se usó una báscula calibrada, marca SECA®, se colocó al paciente sobre la báscula, recto, con la vista al frente y con los brazos a los lados al igual que los pies aproximadamente a la altura de los hombros.

La estatura se midió con un estadímetro de pared marca SECA®, los pacientes se colocaron debajo, rectos con la mirada al frente, pero esta vez con los brazos pegados a los lados y las piernas juntas. (44)

### VIII.2.2. Índice de masa corporal

El Índice de Masa Corporal (IMC) se estimó mediante la fórmula  $\text{Peso (Kg)} / \text{Talla}^2(\text{m}^2)$  y se tomó la clasificación internacional para adulto de la OMS según el IMC (ver Tabla 4), donde un valor mayor a 25 representa un riesgo asociado a la salud aumentado. (45)

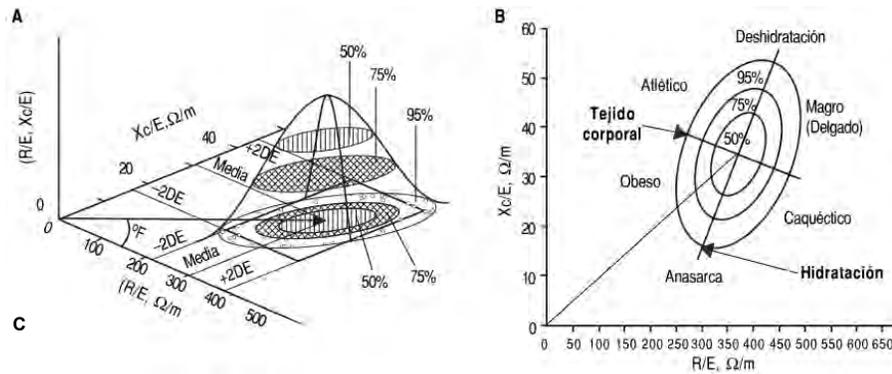
Clasificación	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
Bajo peso	< 18.5
Normo peso	18.5- 24.9
Exceso de peso	≥ 25
Pre obeso	25-29.9
Obesidad grado I	30-34.9
Obesidad grado II	35- 39.9
Obesidad grado III	>40

**Tabla. VIII.2.1.** Clasificación del IMC (45)

### VIII.2.3. Composición corporal

La composición corporal se midió por el método de impedancia bioeléctrica mono frecuencia con el equipo RJL, para esta medición los pacientes debían estar en ayuno y no tener objetos de metal (para que estos no interfieran con las frecuencias eléctricas que genera el RJL), se les pedía recostarse boca arriba y

posteriormente se les colocaban cuatro electrodos, dos en la mano y dos en el pie del lado derecho posteriormente se obtenían los datos de resistencia (R) y reactancia (Xc) que añadiendo estatura, peso y edad fue posible graficar al paciente y describir su composición corporal como se muestra en la Figura 4 . (46)



**Figura. VIII.2.3.1.** Representación gráfica del análisis de BIVA (46)

- A.** Análisis de Impedancia bioeléctrica vectorial representada con la gráfica RXc. Se considera a las elipses del 50 y 75% como rangos de normalidad.
- B.** Interpretación cualitativa de la composición corporal obtenida a partir de los vectores de impedancia.
- C.** El ángulo de fase se expresó como el arco tangente de RXc

### VIII.2.4. Índice de masa músculo esquelética

Según el ESGOW (47) el índice de masa músculo esquelética es la relación de masa muscular esquelética y la talla se calculó mediante la fórmula de Janssen:  $IMME = MME / (Talla \text{ en m})^2$

$$\text{Masa músculo esquelético (MME)} = ((Talla \text{ en cm})^2 / R) \times 0.401 + (\text{Sexo} \times 3.825) + 5.102$$

Donde sexo: mujer= 1 Hombre = 0

Los puntos de corte por BIVA del IMME según el ESGOW son:

Mujeres  $\leq 6.75$  Kg Hombres  $\leq 10.75$

### **VIII.2.5. Masa libre de grasa**

Para la masa libre de grasa (MLG) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{MLG} = (0.7374 * ((\text{talla}^2) / R)) \times (0.1763 \times (\text{peso})) - (0.1773 \times (\text{edad})) + (0.1198 (Xc)) - 2.4658$$

$$\% \text{ MLG} = (\text{MLG} \times 100) / \text{peso}$$

### **VIII.2.6. Fuerza muscular**

Para la medición de la fuerza muscular se utilizó un dinamómetro Jamar hidráulico ajustable a la anchura de la mano con un rango de medición de 0 a 100 kg, el paciente debía estar de pie con los brazos extendidos paralelos al tronco, el dinamómetro se tomaba con la mano dominante y sin apoyo se solicitaba ejercer la fuerza máxima, se obtenían 3 mediciones consecutivas dejando 1 minuto de descanso entre cada una. (47)

### **VIII.2.7. Rendimiento físico**

Evaluado mediante la velocidad de la marcha, la prueba consiste en colocar una línea recta de 4 metros de longitud, se le pedía al paciente la recorra a paso veloz y se anota el tiempo que tardó en recorrerla. (47)

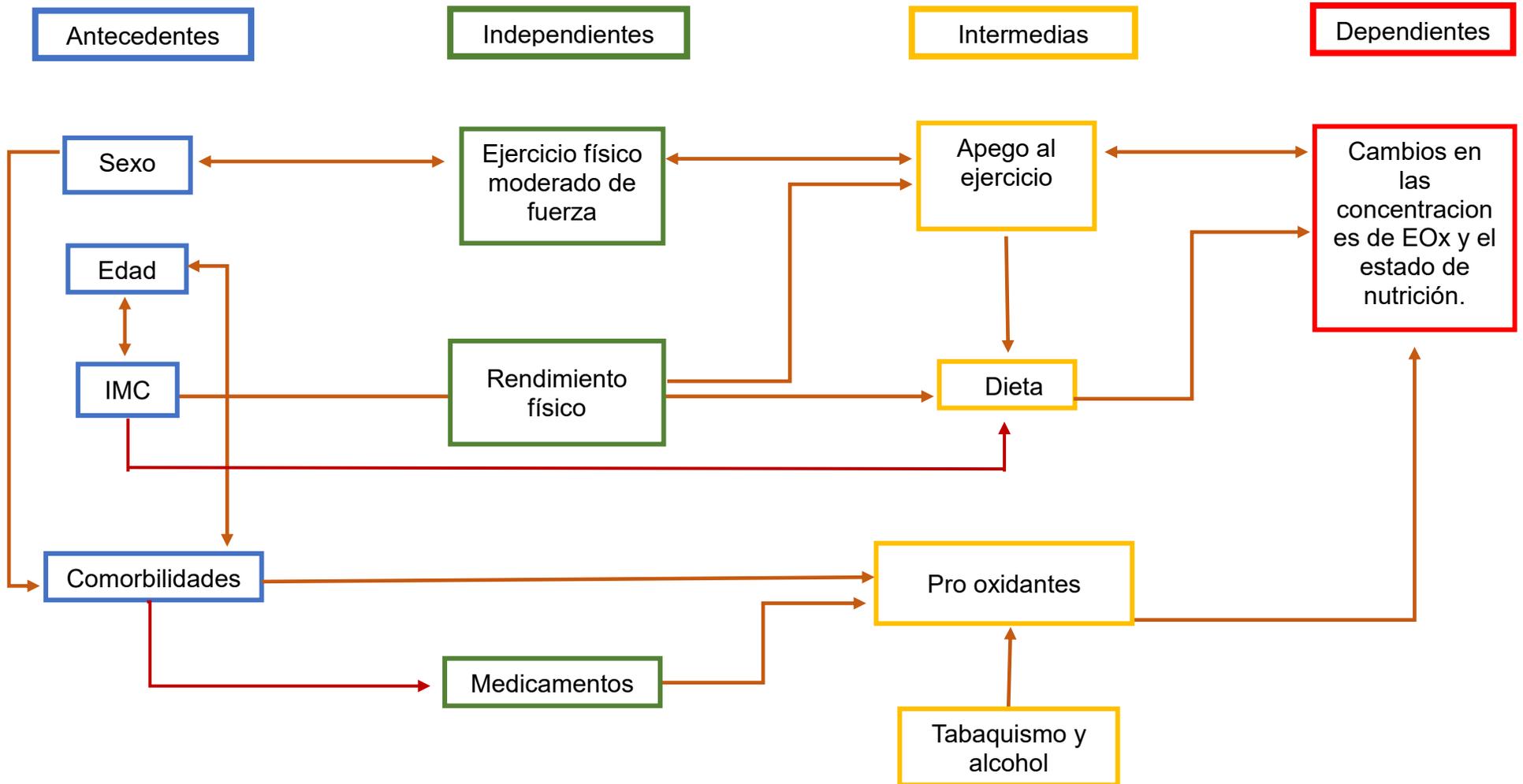
### **VIII.2.8. Dieta**

El método de evaluación dietética utilizado fue recordatorio de 24 horas (R24h), analizados con el programa Food Processor® 2016 obteniendo la cantidad de kilocalorías, macronutrientes y micronutrientes específicos. (48)

### **VIII.2.9. Presión arterial**

Para la medición de la presión arterial se utilizó un estetoscopio Arkot pro y un baumanómetro, se le pidió al paciente sentarse cómodamente colocar el brazo sin ropa que comprima y apoyarlo sobre una mesa a la altura del corazón y reposar un momento, se colocó el brazalete, se localizó el pulso braquial con los dedos índice y se posicionó el estetoscopio para proceder a inflar el brazalete con ayuda de la perilla y se desinflató de manera uniforme, se utilizó la primera aparición del sonido (fase I de Korotkoff) para definir la PAS y la desaparición del sonido (fase V) para definir la tensión arterial diastólica (PAD). (49)

## IX. MODELO CONCEPTUAL



## X. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN	NIVEL METODOLÓGICO
Edad	Tiempo que ha vivido una persona, desde el momento de nacimiento. (Término MeSH)	Interrogatorio directo. Total, de años cumplidos al momento de ser parte del estudio.	Cuantitativa continua	Años	Confusora
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina. (Término MeSH)	Interrogatorio directo.	Cualitativa nominal	Hombre Mujer	Confusora
Comorbilidades	La presencia de enfermedades coexistentes o adicionales con referencia a un diagnóstico inicial o con referencia a la condición del índice que es el tema de estudio. (Término MeSH)	Cualquier enfermedad que la persona presente al momento de la evaluación.	Cualitativa nominal	Presente Ausente	Confusora
Intervención	Grupo de ejercicio físico moderado de fuerza	Grupo de intervención al que es sometido el paciente de manera aleatoria.	Cualitativa nominal	Si/no	Independiente
Superóxido dismutasa (SOD)	Oxidoreductasa que cataliza la reacción entre superperóxidos e hidrogeno; protegiendo a la célula contra niveles peligrosos de superóxido. (Término MeSH)	Para su cuantificación se tomará una muestra sanguínea periférica que será analizada por pruebas espectrofotométricas.	Cuantitativas continuas	U/ml	Dependiente
Glutation peroxidasa (GPX)	Enzima que cataliza la oxidación de 2 moles de glutatión en presencia de peróxido de hidrogeno para producir glutatión oxidado y agua. (Término MeSH)	Para su cuantificación se tomará una muestra sanguínea periférica que será analizada por pruebas espectrofotométricas.	Cuantitativas continuas	U/l	Dependiente

Antioxidantes totales (TAS)	Sustancias que inhiben o retardan reacciones de oxidación sintética. Se contrarrestan los efectos perjudiciales de la oxidación en los tejidos animales. (Término MeSH)	Para su cuantificación se tomará una muestra sanguínea periférica que será analizada por pruebas espectrofotométricas.	Cuantitativas continuas	mmol/L	Dependiente
Lipoperóxidos (LPO)	Peróxidos producidos en presencia de un radical libre produciendo la pérdida en la integridad de las membranas. (Término MeSH)	Para su cuantificación se tomará una muestra sanguínea periférica que será analizada por pruebas espectrofotométricas.	Cuantitativas continuas	μmol/L	Dependiente
Estrés oxidativo (EOx)	Perturbación en el equilibrio prooxidante-antioxidante en favor de la primera, dando lugar a posibles daños. (Término MeSH) Evaluado a través de: SOD, LPO, GPx y AOx	Se clasifica por medio de los puntos de corte para cada marcador (LPO ≥0.340μmol/L, SOD ≤ 170U/ml, GPx ≤ 5500 U/l y AOx ≤ 0.9 mmol/L) y se suman los positivos donde ≥ 2 dan positivo para estrés oxidativo. (50)	Cualitativa nominal	Presente / Ausente	Dependiente
Estado nutricional	Estado del cuerpo en relación con el consumo y la utilización de nutrientes (Término MeSH)	Se evaluó de acuerdo a la ubicación del vector de impedancia en el cuadrante y percentil por BIVA (R/HXc/ H)	Cualitativa nominal	Cuadrante 0: normal Cuadrante 2: delgado Cuadrante 3: obeso Cuadrante 4: caquético	Dependiente
Peso	Cantidad de masa, volumen o peso de un individuo expresado en libras o kilogramos (Término MeSH)	Se evaluó colocando al paciente sobre una báscula SECA 220	Cuantitativa continua	Kg	Dependiente
IMC	Relación entre el peso y la talla (45)	Se calculó mediante la fórmula (Peso / (talla en m) <sup>2</sup> )	Cuantitativa continua	Kg/m <sup>2</sup>	Antecedente
Rendimiento físico	Relación no lineal entre la fuerza relacionada con la capacidad fisiológica. (47)	Velocidad de la marcha valorada a través de una caminata de 4 metros	Cuantitativa continua	m/s	Dependiente

Fuerza	Cantidad de fuerza generada por la contracción muscular. (47)	Dinamometría	Cuantitativa continua	Kg	Dependiente
Dieta	Consumo regular de comida y bebidas adoptado por una persona.  (Término MeSH)	Se evaluará por medio de un R24h y análisis por Food Processor para definir la cantidad de macro y micro nutrimentos consumidos.	Cuantitativa Continua	Kcal, g y mg	Confusora

## XI. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo de los datos y posteriormente un análisis bivariado.

Todos los intervalos de confianza fueron construidos con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

- Para la descripción de las variables se utilizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk de cada una de las variables. Se reportan en media y desviación estándar para las variables con distribución normal, para el caso de las variables con libre distribución en mediana y percentiles.
- Para la comparación de las variables cuantitativas basales entre grupos:
  - a. Se realizó una t de Student para muestras independientes para la comparación de dos medias con distribución normal
  - b. Se realizó una U de Mann-Whitney para la comparación de dos medianas con libre distribución.
- Para comparar las variables basales y el cambio de las cualitativas nominales y ordinales entre grupos:
  - a. Se realizó una prueba de Xi cuadrada de Pearson

- Se realizó un ANOVA de medias repetidas para estimar las diferencias entre grupos en el cambio de las mediciones de las variables cuantitativas continuas.

El procesamiento y análisis de la base de datos se ejecutó con el paquete SPSS versión 21.

## **XII. ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD**

Se ha observado que la aplicación de intervenciones con ejercicio de intensidad moderada es segura. Sin embargo, por ser un ensayo clínico se considera como riesgo mayor al mínimo. (51)

De igual forma los pacientes leyeron, llenaron y firmaron la carta de consentimiento informado, en donde se les explicó el estudio, los posibles beneficios y el compromiso tanto de los investigadores como de los participantes.

En estudios previos se ha documentado la seguridad de estas intervenciones, mejorando aspectos físicos y funcionales.

La realización de los procedimientos para la evaluación antropométrica no es invasiva y no implican riesgo alguno.

La toma de muestra de sangre periférica apenas representa riesgos como la producción de un mínimo hematoma en la zona del pinchazo, por garantía de seguridad del sujeto la toma se efectuó por personal sanitario capacitado bajo condiciones de asepsia rigurosa.

Este proyecto fue revisado y autorizado para su realización, cuenta con la siguiente clave de registro ISRCTN -34088.

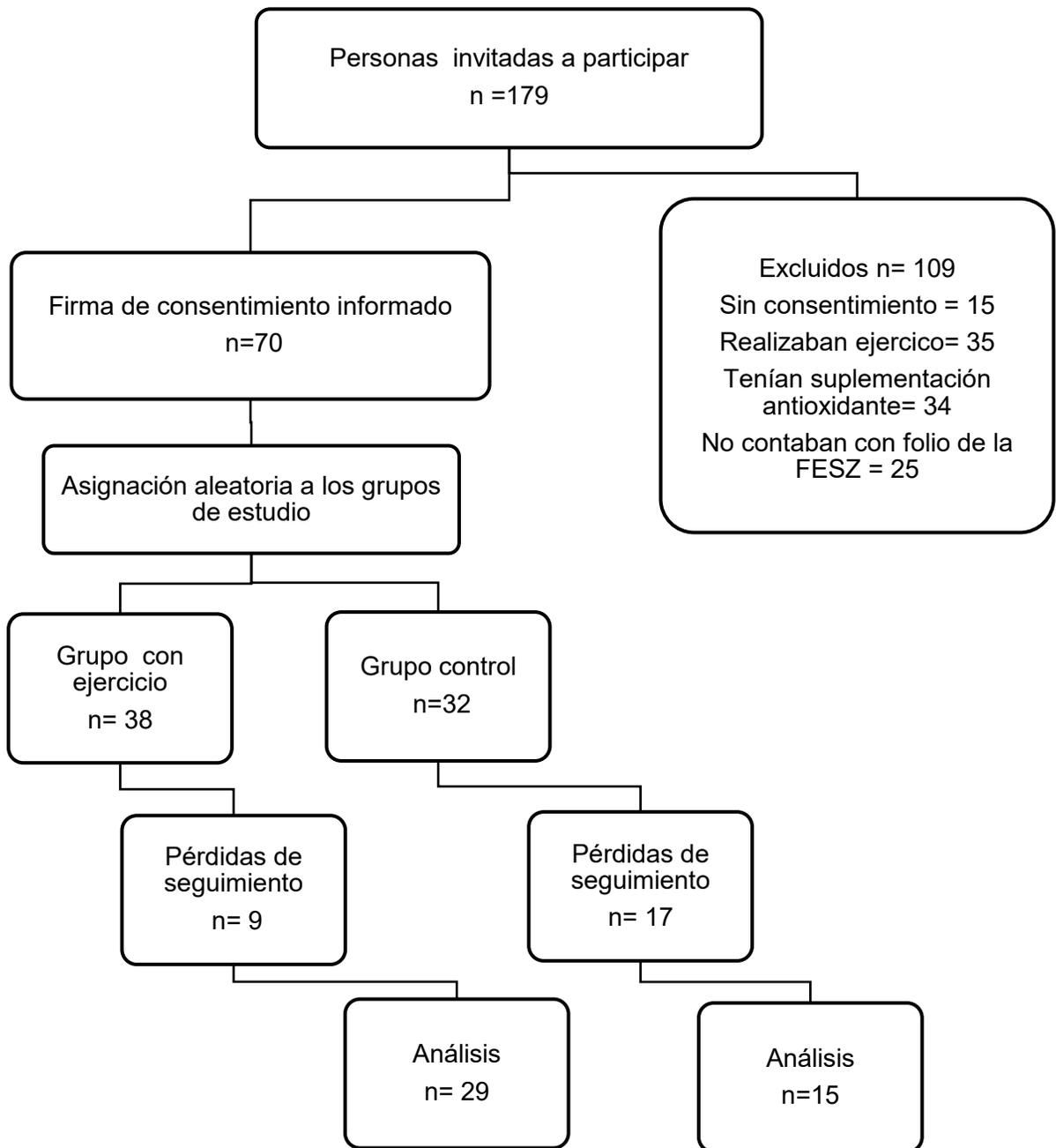
### **XIII. RECURSOS HUMANOS FINANCIEROS Y MATERIALES**

Se contó con el personal para el desarrollo del proyecto perteneciente a la Unidad Multidisciplinaria de Investigación de Zaragoza y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

El presente estudio fue financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza con el registro PAPIME PE305516.

### **XIV. RESULTADOS**

Del total de adultos incluidos en el “Programa para el desarrollo personal y el estado de salud de adultos mayores a nivel comunitario” dirigido por la Unidad de Investigación Gerontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM; se reclutaron 70 adultos mayores que cumplieron con los criterios de selección y fueron aleatorizados en 2 grupos de investigación para su intervención y seguimiento (ver figura XIV.1.), se ejecutó el análisis de los datos, obteniendo los siguientes resultados.



**Figura XIV.1. Diagrama de sujetos incluidos al estudio**

**Cuadro XIV.1. Características clínicas, antropométricas y bioquímicas  
basales de los grupos de estudio**

Variables	Grupo intervención n=38	Grupo control n=32	<i>p</i>
Edad (años)	69 ± 7	73 ± 7	0.81
Mujeres, n (%)	35 (92)	30 (91)	0.85
Diabetes Mellitus n (%)	13 (34.2)	12 (37.5)	0.77
Hipertensión n (%)	14 (36.8)	15 (46.9)	0.39
IMC(Kg/m)	28 (25-34)	26 (23-34)	0.03
Ángulo de fase (°)	5.05 ± 0.68	5.56 ± 0.68	0.07
Glucosa (mg/dL)	104 (95-163)	119 (102-158)	0.61
Colesterol (mg/dL)	232 (203-256)	232 (215-295)	0.10
Triglicéridos (mg/dL)	123 (102-192)	195 (166-245)	0.01
SOD (U/g Hb)	183 (173 -186)	176.5 (172-184)	0.82
LPO (mmol/L)	0.230 ± 0.353	0.249 ± 0.326	0.002
GPx (U/g Hb)	7856.76 ± 2509	7702 ± 3770	0.51
TAS (mmol/L)	0.98 ± 0.28	0.89 ± 0.31	0.85
PAS (mm/Hg)	120 (114-132)	130 (124-132)	0.94
PAD (mm/Hg)	76 (70-80)	78 (73-82)	0.01
Fuerza (Kg)	20 ± 7	23 ± 6	0.18
V. de marcha (m/seg)	1.18 ± 0.29	1.32 ± 0.30	0.50

Abreviaturas: IMC: Índice de masa corporal, SOD: Superóxido dismutasa, LPO: Lipoperoxidos, GPx: Glutacion peroxidasa, TAS: Antioxidantes totales, PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica. Datos expresados en medias ± desviación estándar y en medianas (percentil 25-75) según la distribución de las variables. Prueba estadística para detectar diferencias, chi cuadrada, t-student para muestras independientes y U de Mann-Whitney

En el cuadro XIV.1. se observan las características generales de la población en estudio al inicio de la intervención con 70 adultos mayores de 60 años, encontrando una mayor proporción de mujeres en ambos grupos. Se muestran diferencias significativas entre los grupos respecto a la cantidad de LPO, PAD, AF y triglicéridos los cuales fueron mayores en el grupo control; respecto al IMC fue mayor en el grupo que recibió la intervención. En el resto de las variables no se observan diferencias entre los grupos.

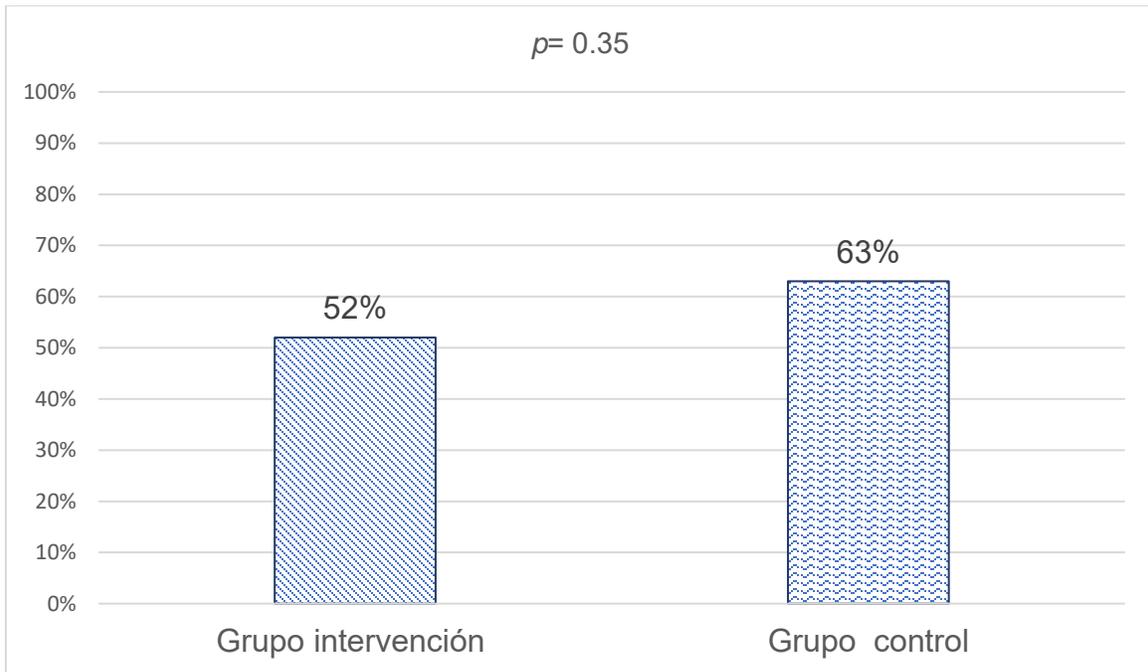
En el cuadro XIV.2. se presentan las características basales de la dieta por grupo de estudio, observando diferencias en el consumo de proteína y vitamina D en el grupo control por tener un mayor consumo respecto al grupo de intervención sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas, en cambio, el consumo de colesterol y zinc también resulta mayor en el grupo control y estas diferencias son estadísticamente significativas.

## Cuadro XIV.2. Características basales de la dieta en los grupos de estudio

Nutrimentos	Grupo intervención	Grupo control	p
	n=29	n=15	
Energía (Kcal/día)	1224 (1024-1609)	1247 (909-1897)	0.931
Proteínas (%)	18.8 (12.88-23.05)	20.3 (14.07-29.68)	0.657
Proteínas (g/día)	57.54 (38.36-74)	63.3 (43.8-92.54)	0.230
Carbohidratos (%)	63.26 ± 29	54.90 ± 28	0.326
Carbohidratos (g/día)	187.15 ± 74.52	168.02 ± 88.94	0.326
Lípidos (%)	25.81 (19-32.35)	32.9 (16-45)	0.450
Lípidos (g/día)	35 (24.68-45.1)	45.64 (22.07-62.42)	0.439
Fibra (g/ día)	19.06 ± 12.27	16.86 ± 10.85	0.416
Colesterol (mg/día)	144.31 (74.99-282.29)	273.24 (166.35-560.3)	0.047
Vitamina A (UI/día)	3264.24 (1066-4627)	3990 (1762-5446)	0.312
Caroteno (RE/día)	177.25 (32.01-349.18)	221.32 (48.06-504.76)	0.627
Omega 3 (g/día)	0.465 (0.285-0.73)	0.76 (0.320-1.26)	0.213
Omega 6 (g/día)	4.32 (2.78-6.52)	3.9 (2.88-8.19))	0.745
Vitamina E (mg/día)	2.01 (1.30-4.5)	3.1 (1.88-4.38)	0.223
Vitamina C (mg/día)	43.9 (5.88-116.94)	81.67 (7.8-81.67)	0.357
Vitamina D (mcg/día)	2.37 (0.322-6)	3.9 (2.34-7.64)	0.081
Calcio (mg/día)	614.31 (321.56-827.31)	669.2 (455.72-807.92)	0.516
Magnesio (mg/día)	217.77 (147.7-270.34)	181.55 (141.97-275.76)	0.779
Zinc (mg/día)	4.24 (3.57-7.53)	7.22 (6.24-12.32)	0.013

Datos expresados en medias ± desviación estándar y en medianas (percentil 25-75) según la distribución de las variables. Prueba estadística para detectar diferencias, t-Student para muestras independientes y U de Mann-Whitney.

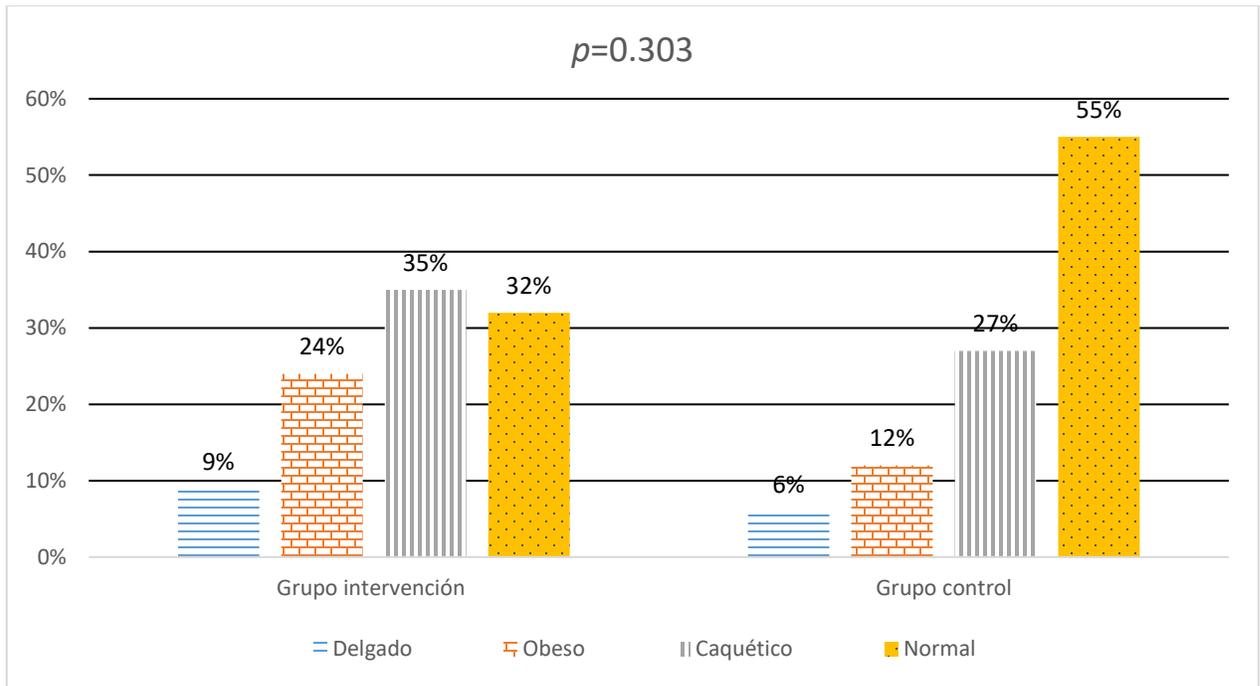
**Figura XIV.2. Prevalencia de Estrés oxidativo**



Prueba estadística para detectar diferencias Chi cuadrada.

En la figura XIV.2. se observa la prevalencia de estrés oxidativo por grupo al inicio del estudio siendo superior en el grupo control, sin embargo, esta diferencia no resultó estadísticamente significativa ( $p=0.35$ ).

**Figura XIV.3. Estado nutricional al inicio de la intervención**



Prueba estadística para detectar diferencias Chi cuadrada.

En la figura XIV.3. se representa el estado nutricional de cada grupo al inicio del estudio y se observa que las prevalencias de obesidad y caquexia son mayores en el grupo de intervención, estas diferencias no son estadísticamente significativas ( $p=0.303$ ).

**Cuadro XIV.3. Marcadores bioquímicos pre y post intervención**

Variables	Grupo intervención n= 32		Grupo control n= 17		p
	Basal	Post-intervención	Basal	Post-intervención	
<i>SOD (U/g Hb)</i>	177.06± 15.37	181.59 ±6.67	170.65 ±20.36	173.35 ± 7.29	0.730
<i>TAS (μmol/L)</i>	1.008 ± 0.2580	1.151 ± 0.247	0.935 ± 0.25	1.135 ± 0.311	0.561
<i>LPO (mmol/L)</i>	0.240± 0.046	0.321 ± 0.072	0.283 ± 0.060	0.360 ± 0.070	0.902
<i>GPX (U/g Hb)</i>	8159.37 ± 2475	5364.33 ± 2451	9099.86 ± 3857	7745 ± 3869	0.198
<i>SOD/GPX</i>	0.024 ± 0.008	0.042 ± 0.023	0.022 ±0.13	0.031± ±0.019	0.198
<i>GAP (μmol/L)</i>	256 ± 184	377 ± 221	190 ± 123	358 ± 265	0.620
<i>Glucosa (mg/dL)</i>	108.41 ± 6.47	118.55 ± 10	115.5 ± 8.9	128 ± 13.8	0.841
<i>Colesterol (mg/dL)</i>	234.2 8.33	217.38 ± 6.25	226.27 ± 11.44	211.22 ± 8.59	0.843
<i>Triglicéridos (mg/dL)</i>	146 ± 10	146.6 ± 11.2	176 ± 14	186.16 ± 15.41	0.588

Abreviaturas: SOD: Superóxido dismutasa, LPO: Lipoperoxidos, GPx: Glutation peroxidasa, TAS: Antioxidantes totales, GAP: Brecha antioxidante. Prueba estadística para detectar cambios entre los grupos pre y post intervención ANOVA de medidas repetidas. Datos expresados en medias ± desviación estándar.

En el cuadro XIV.3. se reportan los cambios de los parámetros bioquímicos, se puede observar un aumento en ambos grupos de la SOD, TAS, LPO, SOD/GPx, GAP y glucosa, así como una disminución en ambos grupos del colesterol y un aumento de triglicéridos en el grupo control. No se observan cambios estadísticamente significativos en los parámetros bioquímicos al comparar entre los grupos.

**Cuadro XIV.4. Indicadores del estado nutricional pre y post intervención**

Variables	Grupo intervención n= 32		Grupo control n= 17		p
	Basal	Post-intervención	Basal	Post-intervención	
Peso (Kg)	68 ± 18.12	67.59 ± 18.02	66 ± 12.44	66.68 ± 11.95	0.160
IMC (Kg/m)	30.7 ± 6.44	30.5 ± 6.35	28.33 ± 4.9	28.63 ± 4.73	0.151
IMME	7.66 ± 1.41	7.44 ± 1.58	7.42 ± 0.86	7.40 ± 1.140	0.216
MLG (%)	58.32 ± 8.2	58.07 ± 8.56	59.87 ± 6.37	59.44 ± 7.26	0.771
Ángulo de fase (°)	4.95 ± 0.62	5.32 ± 0.67	5.71 ± 1.27	5.3 ± 0.62	0.003
Fuerza (Kg)	20 ± 7	22 ± 7	19 ± 4	20 ± 4	0.713
V. marcha (m/seg)	1.16 ± 0.35	1.27 ± 0.30	1.25 ± 0.23	1.24 ± 0.32	0.178
PAS (mm/Hg)	126.7 ± 2.45	126.5 ± 2.78	123.5 ± 3.27	124.6 ± 3.71	0.778
PAD (mm/Hg)	75.38 ± 1.38	76.22 ± 1.65	81. ± 1.84	79.33 ± 2.20	0.341

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal, IMME: índice de masa musculo esquelética, MLG: masa libre de grasa, V. marcha: velocidad de la marcha PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica. Prueba estadística para detectar cambios entre los grupos pre y post intervención ANOVA de medidas repetidas. Datos expresados en medias ± desviación estándar.

El cuadro XVI.4. expresa los cambios sobre los indicadores del estado nutricional tras la intervención y monitoreo en ella se observa que ambos grupos presentan un IMC mayor a 28 Kg/m<sup>2</sup> clasificado según la OMS como sobrepeso y obesidad, pero de acuerdo a la composición corporal, el IMME se encuentra por arriba del punto de corte propuesto por el EWGSOP para determinar sarcopenia de la misma manera resulta la velocidad de la marcha, en cambio el promedio de la fuerza de mano se muestra limítrofe en la medición basal en el caso de las mujeres del grupo intervención y 1kg por debajo del punto de corte en el caso del grupo control, al final del seguimiento estos datos muestran un aumento de 2 kg para el grupo que realizó el programa de ejercicio y 1 kg para el grupo control estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas. También se observó un aumento del ángulo de fase en el grupo que realizó ejercicio, en cambio, el grupo control mostró una disminución estas diferencias resultaron estadísticamente significativas.

**Cuadro XIV.5. Consumo dietético pre y post intervención**

Nutrimentos	Grupo intervención n=24		Grupo control n=10		p
	Basal	Post	Basal	Post	
Energía (Kcal/día)	1234.87 ± 97.83	1515.25 ± 98.99	1311.12 ± 151.55	1549.77 ± 153.35	0.789
Proteínas (g/día)	53.05 ± 7,33	67.05 ± 6.07	75.81 ± 11.36	72.32 ± 9.40	0.263
Carbohidratos (g/día)	183.88 ± 15.32	227.08 ± 15.36	168.36 ± 23.73	200.98 ± 23.79	0.674
Lípidos (g/día)	34.04 ± 3.73	37.61 ± 4.25	40.06 ± 5.53	52.34 ± 6.30	0.184
Fibra (g/ día)	18.90 ± 2.34	22.75 ± 1.88	17.73 ± 3.62	21.69 ± 2.92	0.979
Colesterol (mg/día)	185.43 ± 40.09	195.90 ± 31.13	302.30 ± 59.46	216.99 ± 46.17	0.172
Vitamina A (UI/día)	3562.80 ± 992.88	5935.09 ± 1339.53	5542.54 ± 1472.69	5185.05 ± 1986.84	0.366
Omega 3 (g/día)	0.62 ± 0.12	0.92 ± 0.16	0.73 ± 0.17	1.02 ± 0.23	0.985
Omega 6 (g/día)	0.62 ± 0.12	0.92 ± 0.16	0.73 ± 0.17	1.02 ± 0.23	0.986
Vitamina E (mg/día)	2.60 ± 0.42	4.44 ± 0.58	3.14 ± 0.60	3.55 ± 0.84	0.191
Vitamina C (mg/día)	82.82 ± 22.07	103.26 ± 18.14	120.21 ± 31.99	77.41 ± 26.29	0.185

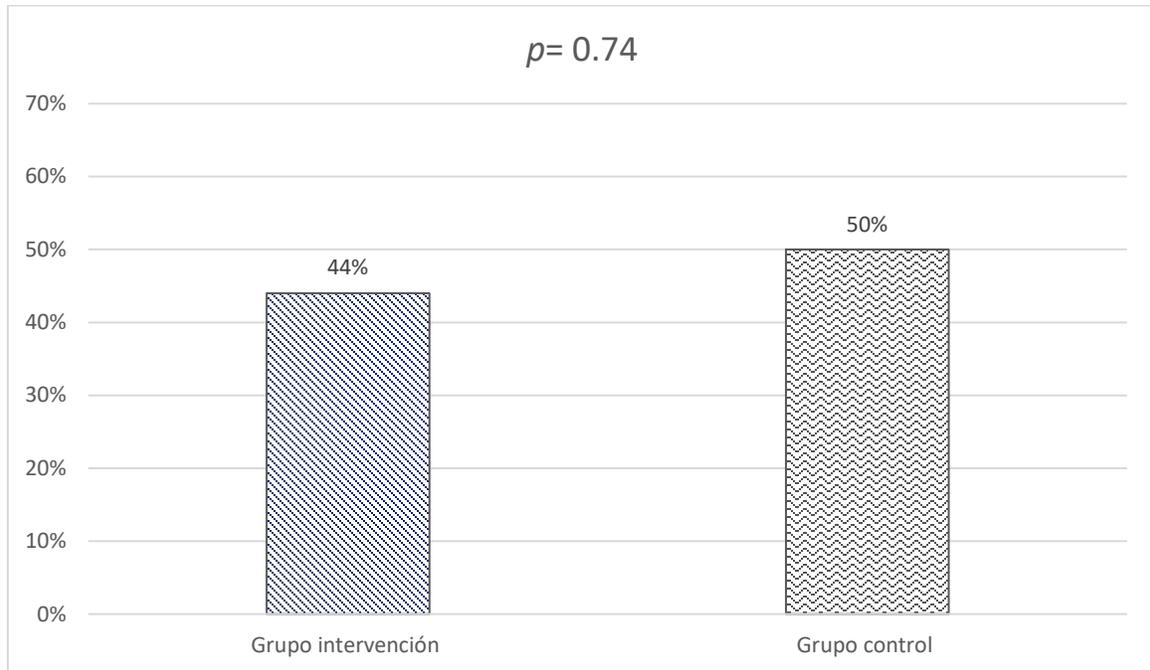
Magnesio (mg/día)	208.48 ± 24.25	239.35 ± 23.84	243.49 ± 35.15	258.99 ± 34.54	0.774
Zinc (mg/día)	5.24 ± 1.09	7.59 ± 0.93	11.13 ± 1.59	8.73 ± 1.35	0.041
Isoleucina (g/día)	1.67 ± 0.39	2 ± 0.27	2.97 ± 0.57	2.13 ± 0.39	0.09
Leucina (g/día)	3.13 ± 0.69	3.69 ± 0.49	5.38 ± 1.01	3.96 ± 0.72	0.108
Valina (g/ día)	1.93 ± 0.42	2.32 ± 0.29	3.34 ± 0.61	2.49 ± 0.42	0.103
Cisteína (g/ día)	0.46 ± 0.10	0.51 ± 0.07	0.80 ± 0.15	0.59 ± 0.10	0.189
Hierro (mg/día)	8.68 ± 1.12	11.08 ± 1.11	11.48 ± 1.63	11.22 ± 1.60	0.280

Prueba estadística para detectar cambios entre los grupos pre y post intervención ANOVA de medidas repetidas. Datos expresados en medias ± desviación estándar

En el cuadro XIV.5. se reporta el consumo dietético y los cambios entre los grupos durante el seguimiento del estudio; es posible observar un aumento del consumo energético en ambos grupos, así como de carbohidratos y lípidos, la ingesta de colesterol en el grupo control disminuye al finalizar el estudio, sin embargo, el consumo es mayor respecto al grupo de intervención. A diferencia del consumo proteico que reporta un aumento en el grupo de intervención y una disminución en el grupo control, todas estas diferencias no resultan estadísticamente significativas.

Los cambios en el consumo de vitaminas antioxidantes no fueron estadísticamente significativos; Sin embargo, se observa un aumento del consumo de carotenos, fibra, omegas 3 y 6 en ambos grupos; vitamina C, vitamina D y calcio en el grupo que siguió el programa de ejercicio. Respecto al grupo control fue mayor el consumo registrado de aminoácidos (cisteína, valina, leucina e isoleucina) además de mostrar un aumento del consumo de hierro, magnesio y zinc este último resultado estadísticamente significativo.

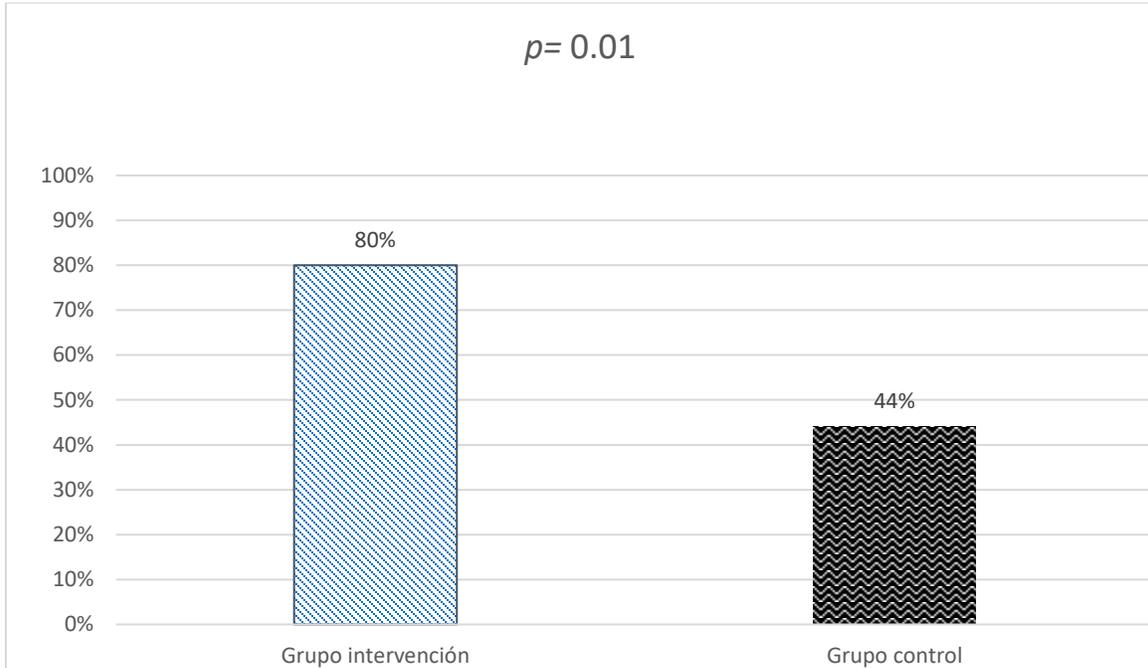
**Figura XIV.4. Mejoría de estrés oxidativo**



Prueba estadística para detectar diferencias Chi cuadrada.

La figura XIV.4. señala la proporción de sujetos que mejoraron su puntuación de estrés oxidativo de acuerdo a los biomarcadores de lipoperoxidación (LPO) y sistema de defensa antioxidante (TAS, GPx, SOD, SOD/GPx y GAP), no se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.74$ ) entre los grupos de estudio tras las 12 semanas de seguimiento.

**Figura XIV.5. Mejoría del estado nutricional**



Prueba estadística para detectar diferencias Chi cuadrada.

La figura XIV.5. muestra la proporción de sujetos que mejoraron su estado de nutrición de acuerdo al movimiento del vector de impedancia que fue calculado según la edad, talla, sexo, resistencia, reactancia y ángulo de fase de cada sujeto, observando una mejoría en 80% de los sujetos que realizaron el programa de ejercicio en comparación con un 44 % de los sujetos del grupo control, esta diferencia resultó estadísticamente significativa ( $p=0.01$ ) tras las 12 semanas de seguimiento.

## XV. DISCUSIÓN

El envejecimiento es un estado fisiológico influenciado de manera que se puede atrasar como acelerar, por lo que se han propuesto alternativas para alcanzar un envejecimiento saludable en el cual se mejoren las condiciones físicas retardando la aparición de síndromes que causen discapacidad como la sarcopenia y fragilidad; el ejercicio constituye uno de los pilares dentro del área preventiva del sector salud; en este sentido se han establecido distintas frecuencias, intensidades, tiempos y tipos de ejercicio que en grado variable favorecen el aumento de enzimas antioxidantes, aumento en la síntesis de la masa muscular y fuerza. (13,51,52)

Dentro de los principales hallazgos del estudio es la mejoría del estado nutricional evaluado por el movimiento de la ubicación del vector de impedancia hacia el percentil 75 donde el grupo que realizó ejercicio resultó beneficiado en una proporción del 80% en comparación con un 44 % del grupo control, esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p=0.012$ ); además, resultó un aumento del ángulo de fase en el grupo que realizó ejercicio y una disminución en el grupo control esta diferencia también fue significativa ( $p=0.003$ ). Respecto a la dieta se observan cambios en el consumo de colesterol con la reducción del consumo en el grupo control, aumento del consumo de vitamina E, vitamina C, cisteína y leucina pero debido a las pérdidas en el seguimiento estas diferencias no alcanzan la significancia estadística; sólo se observa una tendencia ( $p=0.09$ ) en el consumo de isoleucina que aumentó en el grupo de intervención sin embargo el grupo control tuvo el mayor consumo, el mismo evento se presentó en el consumo de zinc y dicha diferencia fue significativa ( $p=0.04$ ); no hubo más cambios representativos en el

consumo de otros nutrientes tampoco entre otros indicadores del estado nutricional, sin embargo y a pesar de la incapacidad de recuperación cuantitativa de músculo, en el presente estudio evaluó un aumento de 2 kg de fuerza. Si bien es cierto que pocos estudios reportan indicadores antropométricos sobre la composición corporal en poblaciones abiertas y envejecidas, entre estos se ha reportado que el ángulo de fase (AF) resulta un parámetro para el diagnóstico de la desnutrición y pronóstico clínico asociados a la integridad de la membrana celular, razón por la cual sugiere ser mejor que otros indicadores nutricionales (53), además de ser propuesto como un parámetro de la integridad del tejido muscular(54), por otra parte se ha mostrado una correlación negativa entre el ángulo de fase y la edad, de ahí la relevancia de los datos puesto que un aumento es indicio de la mejora en el estado nutricional dado que es posible expresar cambios en la cantidad y calidad de la masa de los tejidos blandos. Además, el AF se ha propuesto como marcador para detectar de forma preventiva la sarcopenia en población envejecida. (55) En consecuencia se han mostrado cambios positivos en mujeres mayores de los 60 años que al someterse a un entrenamiento de suspensión mejoran el ángulo de fase y el porcentaje de grasa, además de señalar una correlación negativa entre estas variables asociado con un mejor estado de salud.(40) Se ha informado que el desplazamiento significativo en los vectores de impedancia posterior a intervenciones de entrenamiento de resistencia a los 6 meses y a los 3 meses, estas diferencias pueden estar relacionadas con los diferentes métodos de entrenamiento, evaluación y población, en este sentido cabe resaltar que la población estudiada por Campa y cols. eran mujeres adultas sanas, no se reportan comorbilidades, marcadores bioquímicos, no se evaluó la dieta y se toma un porcentaje de adherencia al ejercicio

del 85% el cual no reporta el porcentaje de trabajo, en cambio se apegan a las recomendaciones del Colegio Americano del Deporte, la evaluación y seguimiento del ejercicio físico moderado resulta meticuloso en relación con la adherencia al mismo, por tanto estos podrían ser indicadores de la diferencia entre nuestros resultados.

Se sabe que la fuerza muscular disminuye gradualmente desde los 30 años, y el entrenamiento de fuerza ha demostrado contrarrestar este tipo de deficiencias relacionadas con la edad. Revisiones sistemáticas señalan que el entrenamiento de fuerza mejora los parámetros del síndrome de fragilidad como la velocidad de la marcha.(56) Sin embargo, todos los programas de entrenamiento inducen ciertas mejoras de la fuerza máxima, hipertrofia o potencia muscular(51), de acuerdo a esto, los hallazgos del presente estudio muestran un aumento de 2 kg de fuerza de mano en el grupo que siguió el programa de ejercicio físico de fuerza con intensidad moderada que fue mayor respecto al grupo control, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas pero si representan un cambio clínico tomando en cuenta la edad. Respecto a otros indicadores del estado nutricional no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, pero es posible observar el estado general de los grupos incluidos al estudio; según el consenso europeo sobre evaluación y diagnóstico de sarcopenia se deduce un índice de masa músculo esquelética, fuerza y velocidad de la marcha dentro de los parámetros. Por otra parte en ambos grupos el IMC y porcentaje de grasa se encuentra por arriba de lo recomendado, los triglicéridos y colesterol son limítrofes y estos valores se han relacionado con la disminución de enzimas antioxidantes. (57) Esto justifica la

prevalencia de EOx en ambos grupos de estudio ya que fue similar y no marcaron diferencia significativa entre los mismos, en cuanto a los marcadores de estrés oxidativo no se encontraron cambios significativos en el grupo de ejercicio tras las 12 semanas de intervención y consecuentemente en la mejoría del grado de estrés oxidativo, tomando en cuenta la teoría de Harman quien postula el aumento de radicales libres asociados con la edad este evento podría ser justificable, además se deduce que las condiciones propias de la población de estudio vulnerable a ECNT sumado al envejecimiento, el periodo y tamaño de la muestra, resulta insuficiente para ver la magnitud del efecto; además se ha establecido que determinadas combinaciones tienen distintas adaptaciones que se experimentan en relación a los movimientos y cuando la intensidad del entrenamiento sea suficiente, de manera paralela la duración del trabajo y el volumen de los ejercicios tienen influencia sobre los beneficios. Por tanto, el ejercicio impone un estrés variable para el organismo que responde con un proceso de adaptación según la magnitud de esfuerzo que se ejerce sobre el organismo, por lo que, con un aumento en el porcentaje de trabajo y un seguimiento a 6 meses como propone Rosado y cols., (quienes encontraron cambios estadísticamente significativos sobre las concentraciones de LPO tras la intervención con ejercicio físico moderado tomando en cuenta que a distintas frecuencias y tipos en población mexicana) podrían mostrar cambios significativos en los grupos de estudio.

## **XVI. LIMITACIONES**

Es necesario mencionar las limitaciones de este estudio para ser mejoradas en los análisis posteriores.

Las pérdidas durante el seguimiento del estudio por abandono a la intervención son un factor importante en la validez de los resultados.

Ambos grupos fueron intervenidos por un programa mayor que hacía referencia al envejecimiento saludable.

Se requiere un seguimiento prolongado a doce meses del programa de ejercicio para tener resultados más certeros y concluyentes.

Evaluación de que el grupo control mantenga los estilos de vida previstos en el reclutamiento.

## **XVII. CONCLUSIÓN**

En el presente estudio se puede concluir que un programa de ejercicio físico moderado realizado 3 veces por semana durante 12 semanas aumenta el ángulo de fase y mejora la composición corporal en comparación con los adultos mayores que no realizan la actividad. Sin embargo, no es suficiente para concluir en el aumento de enzimas antioxidantes y disminución de la lipoperoxidación como marcadores de estrés oxidativo.

## XVIII. REFERENCIAS

1. Moreira PL, Boas P, Ferreira ALA. Association between oxidative stress and nutritional status in the elderly. *Rev Assoc Med Bras.* 2014;60(1):75–83.
2. Hernández JÁ, Montesino IG, Troyan JMR. Envejecimiento y nutrición. *Nutr Hosp.* 2011;4(3):3–14.
3. Miguel L, Robledo G. México y la revolución de la longevidad.
4. Mason SA, Morrison D, McConell GK, Wadley GD. Muscle redox signalling pathways in exercise. Role of antioxidants. *Free Radic Biol Med.* 2016;98:29–45.
5. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: A systematic review and meta- analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord.* 2017;16:21.
6. Joseph A-M, Adihetty PJ, Leeuwenburgh C. Beneficial effects of exercise on age-related mitochondrial dysfunction and oxidative stress in skeletal muscle. *J Physiol.* 2016;594(18):5105–23.
7. Manuel V, Núñez M. Modelo de envejecimiento activo para el desarrollo integral gerontológico. 261–78.
8. Mandas A, Congiu MG, Balestrieri C, Mereu A, Iorio EL. Nutritional status and oxidative stress in an elderly Sardinian population. *Med J Nutrition Metab.* 2008;1(2):99–107.
9. J.M. Fernández, I. Túniz .Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Rev Andaluza Med del Deport.* 2009;2:93–7.
10. Powers SK, Jackson MJ. Cellular Mechanisms and impact on muscle force production. *Rev Physiol* 2010;88(4):1243–1276.
11. Elejalde Guerra JI. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Med Interna.* 2001;18(6):326–335.

12. Mesa MD, Olza J, Gonzalez C, Aguilera CM, Moreno R, Jimenez A, et al. Changes in Oxidative Stress and Inflammatory Biomarkers in Fragile Adults over Fifty Years of Age and in Elderly People Exclusively Fed Enteral Nutrition. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016.
13. Fernández JM, López FFJ. *Medicina del Deporte*. 2009;2(2):61–69.
14. Justo C, Venereo Gutiérrez R. Daño Oxidativo, Radicales Libres Y Antioxidantes. *Rev Cuba Med Milit* 2002;31(2):126–133.
15. Londoño Londoño J. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Corporación Univ Lasallista*. 2012;129–162.
16. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiol Rev*. 2008 (4):1243–1276.
17. Da Silva Medeiros N, De Abreu FG, Colato AS, De Lemos LS, Ramis TR, Dorneles GP, et al. Effects of concurrent training on oxidative stress and insulin resistance in obese individuals. *Oxid Med Cell Longev*. 2015.
18. Moylan JS, Reid MB. Oxidative stress, chronic disease, and muscle wasting. *Muscle Nerve*. 2007;35(4):411–429.
19. Mahasneh AA, Zhang Y, Zhao H, Ambrosone CB, Hong CC. Lifestyle predictors of oxidant and antioxidant enzyme activities and total antioxidant capacity in healthy women: a cross-sectional study. *J Physiol Biochem* 2016;72(4):745–762.
20. Pérez-Gastell Pedro Luis P de AJL. Métodos para medir el daño oxidativo. *Rev Cuba Med Milit*. 2000;29(3):192–198.
21. Mañon Rossi W, Garrido G, Nunez Selles A. Biomarcadores del estrés oxidativo en la terapia antioxidante. *J Pharm Pharmacogn Res*. 2016;4:62–83.
22. Ceci R, Beltran Valls MR, Duranti G, Dimauro I, Quaranta F, Pittaluga M, et al. Oxidative stress responses to a graded maximal exercise test in older adults following explosive-type resistance training. *Redox Biol*. 2014;2(1):65–72.

23. González G, García D. Ejercicio físico y radicales libres, ¿Es necesaria una suplementación con antioxidantes? *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte.* 2012;12(46):369–388.
24. Steinberg JG, Delliaux S, Jammes Y. Reliability of different blood indices to explore the oxidative stress in response to maximal cycling and static exercises. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2006:106–112.
25. Corbin CB, Pangrazi RP, Franks BD. Definitions: Health, Fitness, and Physical Activity. *Pres Counc Phys Fit Sports.* 2000;3:1–11.
26. Aparicio García-Molina V, Carbonell Baeza A, Delgado Fernández M. Beneficios de la actividad física en personas mayores. *Rev Int Med y Ciencias la Act Física y del Deport* 2010;10(40):4–20.
27. Ávila-Funes JA, García-Mayo EJ. Beneficios de la práctica del ejercicio en los ancianos. *Gac Med Mex.* 2004;Vol. 140(Nº 4):431–436.
28. Fernández J, Da silva Grigoletto M, Túnez Fiñana I. Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Rev Andal Med Deport.* 2009;2(1):19–34.
29. Ji LL, Kang C, Zhang Y. Exercise-induced hormesis and skeletal muscle health. *Free Radic Biol Med.* 2016;98:113–122.
30. Johnson ML, Irving BA, Lanza IR, Vendelbo MH, Konopka AR, Robinson MM, et al. Differential Effect of Endurance Training on Mitochondrial Protein Damage, Degradation, and Acetylation in the Context of Aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70(11):1386–1393.
31. Sallam N, Laher I. Exercise modulates oxidative stress and inflammation in aging and cardiovascular diseases. *Oxid Med Cell Longev.* 2016;46–54.
32. Vicente Sánchez-Valle, Nahum Méndez-Sánchez. Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev Invest Med Sur Mex,* 2013;20(3):161–168.
33. Reid MB. Free radicals and muscle fatigue: Of ROS, canaries, and the IOC, Vol. 44,

- Free Radical Biology and Medicine. 2008: 169–179.
34. Jiang S, Pan Z, Li H, Li F, Song Y, Qiu Y. Meta-Analysis: Low-Dose Intake of Vitamin E Combined with Other Vitamins or Minerals May Decrease All-Cause Mortality. *J Nutr Sci Vitaminol*. 2014;60(3):194–205.
  35. Pearson P, Lewis SA, Britton J, Young IS, Fogarty A. The pro-oxidant activity of high-dose vitamin E supplements in vivo. *BioDrugs*. 2006;20(5):271–283.
  36. Rosado-Pérez J, Santiago-Osorio E, Ortiz R, Mendoza-Núñez VM. Tai chi diminishes oxidative stress in mexican older adults. *J Nutr Heal Aging*. 2012;16(7):642–656.
  37. Padilla Colon CJ, Sanchez Collado P, Cuevas MJ. Benefits of strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *Nutr Hosp*, 2014;29(5):979–988.
  38. Padilha CS, Ribeiro AS, Fleck SJ, Nascimento MA, C Pina FL, Miyuki Okino A, et al. Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. *Age (Omaha)*. 2015;37.
  39. Chen H-T, Chung Y-C, Chen Y-J, Ho S-Y, Wu H-J. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J Am Geriatr Soc*. 2017;65(4):827–832.
  40. Campa F, Silva AM, Toselli S. Changes in Phase Angle and Handgrip Strength Induced by Suspension training in Older Women. *Int J Sports Med*. 2018.
  41. Milte CM, Thorpe MG, Crawford D, Ball K, McNaughton SA. Associations of diet quality with health-related quality of life in older Australian men and women. *Exp Gerontol*. 2015;64:8–16.
  42. Jentzsch a M, Bachmann H, Furst P, Biesalski HK. Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids. *Free Radic Biol Med*. 1996;20(2):251–256.
  43. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem*. 1972;18(6):499–502.

44. Carmenate L, Federico M, Moncada A, Engels C, Leiva WB. Manual de Medidas Antropométricas. Saltra. 2014. 3-72
45. Manuel Moreno G. Definición y clasificación de la obesidad. Rev Médica Clínica Las Condes. 2012;23(2):124–128.
46. De Los M, Espinosa-Cuevas Á, Rivas-Rodríguez L, González-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatriste P, et al. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. Rev Investigación Clínica.2007:15–24.
47. Jentoft AJC, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia : Consenso europeo sobre su definición y diagnóstico Informe del Grupo europeo de trabajo sobre la sarcopenia en personas de edad avanzada. Age Ageing. 2010;44:412–423.
48. Incap. Manual de instrumentos de evaluación dietética. The Journal of Nutrition. 2006.140.
49. Reyes Méndez DC. Toma De Presión Arterial. Dep Integr Ciencias Médicas Cent Enseñanza Y Certificación Aptitudes Médicas. 2017.
50. Mendoza V., Retana R., Estrés Oxidativo e Inflamación medición e interpretación diagnóstica,DGAPA, 2009:328
51. Viladrosa M, Casanova C, Ghiorghies AC, Jürschik P. El ejercicio físico y su efectividad sobre la condición física en personas mayores frágiles. Revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados. Rev Esp Geriatr Gerontol. 2017;52(6):332–341.
52. Parra NSL, Valencia KC, Villamil ÁC. Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. Rev Cuba Salud Publica. 2012;38(4):562–580.
53. Llames L, Baldomero V, Iglesias ML, Rodota LP. Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; Estado nutricional y valor pronóstico. Nutr Hosp. 2013;28(2):286–295.

54. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, Gargiulo G, Galizia G, Roselli M, et al. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Exp Gerontol.* 2014;58:43–46.
55. Norman K, Pirlich M, Sorensen J, Christensen P, Kemps M, Schütz T, et al. Bioimpedance vector analysis as a measure of muscle function. *Clin Nutr.* 2009;28(1):78–82.
56. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon. PM. Resistance Exercise for Muscular Strength in Older Adults: A Meta-Analysis. 2011;9(3):226–237.
57. Venojärvi M, Korkmaz A, Wasenius N, Manderöos S, Heinonen OJ, Lindholm H, et al. 12 Weeks' aerobic and resistance training without dietary intervention did not influence oxidative stress but aerobic training decreased atherogenic index in middle-aged men with impaired glucose regulation. *Food Chem Toxicol.* 2013;61:127–135.
58. Jinénez J.de D.Beas, López-Lluch G., Sánchez- Martínez I. , Muro-Jimenez A. , Rodríguez-Bies E. NP. Sarcopenia:implications of physical exercise in its pathophysiology, prevention and treatment. *Rev Andaluza Med del Deport.* 2011;158–166.

## XIX. ANEXOS

### ANEXO 1



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN GERONTOLOGÍA, EL  
INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN EN  
CONVENIO CON LA DELEGACIÓN TLALPAN

#### CARTA DE AUTORIZACIÓN CON CONSENTIMIENTO DE CAUSA

**“IMPACTO DEL EJERCICIO FÍSICO MODERADO SOBRE LAS  
CONCENTRACIONES DE MARCADORES DE ESTRÉS OXIDATIVO Y ESTADO  
NUTRICIONAL EN ADULTOS MAYORES”  
QUE FORTALECE AL PROGRAMA PARA EL DESARROLLO PERSONAL Y EL  
ESTADO DE SALUD DE ADULTOS MAYORES A NIVEL COMUNITARIO.**

Especialistas de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FESZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ) llevarán a cabo un estudio para avanzar en el conocimiento del proceso de envejecimiento a nivel social, psicológico, clínico y bioquímico en un grupo de personas de la demarcación de la delegación Tlalpan.

OBJETIVO: Evaluar el efecto del ejercicio físico moderado en la mejoría del estrés oxidativo, así como el estado nutricional de adultos mayores de 60 años.

LA FES-Z Y EL INNSZ SE COMPROMETEN A: Asistir periódicamente, llevar a cabo el levantamiento de datos con sus propios materiales, efectuar trabajo de

sensibilización y difusión de la información, canalizar los casos que así lo requieran y mantener la confidencialidad de todos los casos.

#### PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO:

En el primer contacto, se evaluará clínicamente a todos los sujetos para corroborar que sean personas aparentemente sanas, o en caso de ser diabéticos o hipertensos se encuentren controlados.

Posterior a esto, un médico especialista les realizara un electrocardiograma en reposo para descartar alteraciones cardiacas que impliquen riesgo para realizar actividad física.

Al inicio del estudio y a las 12 semanas, se realizarán preguntas relativas a su consumo de alimentos y mediciones antropométricas (peso, talla, circunferencias de cintura, cadera y brazo además de la determinación de masa muscular y grasa), fuerza muscular, presión arterial, exámenes de laboratorio (glucosa sanguínea, perfil de lípidos, creatinina, hemoglobina y marcadores de estrés) y una prueba de esfuerzo (caminata de 4 metros). Posteriormente los participantes se asignarán aleatoriamente a alguno de los grupos de estudio: grupo de ejercicio o grupo control. Para la intervención se realizará una adecuación con base a la condición física de cada participante, cada sesión se realizará bajo supervisión y en caso de presentar cualquier tipo de malestar se podrá suspender el ejercicio.

**COMPROMISO DEL PARTICIPANTE:** Externar sus dudas y sugerencias, asistir a las citas y sesiones de ejercicio programadas en caso de pertenecer al grupo de ejercicio y, en caso de desear abandonar el programa, declarar con sinceridad los motivos de ello.

**TIEMPO DE DURACIÓN:** El estudio tiene una duración de doce semanas, en este periodo se realizará una evaluación inicial, intervención según sea el caso y monitoreo.

**RIESGOS:** No existe ningún riesgo en la integridad y salud del participante. Las tomas de muestra sanguínea serán realizadas por personal experimentado con material nuevo y desechable.

Ejercicio físico, considerando los riesgos propios de la edad como disminución de la elasticidad, atrofia muscular, predisposición a la osteoporosis, lo anterior puede aumentar la fragilidad del aparato locomotor.

**PROBABLES BENEFICIOS:** Es importante mencionar que los resultados que obtenga cada participante dependen de varios factores y los beneficios pueden presentarse en diferente grado para cada uno de ellos. Los potenciales beneficios son: mejorar su funcionalidad física, capacidad cardiovascular, calidad de vida y la sociedad en su conjunto se beneficiará con los resultados de las investigaciones.

**LA EVALUACIÓN NO TIENE COSTO:** Las pruebas y la intervención no tendrán ningún costo, además se le entregarán sus resultados con la interpretación correspondiente.

**CONFIDENCIALIDAD:** Toda la información recabada durante su participación se mantendrá de manera confidencial. Solo personal de la FESZ y el INNSZ tendrán acceso a la información para su captura y procesamiento.

DECLARO QUE HE LEÍDO O ME HAN LEÍDO, EN PRESENCIA DE UN FAMILIAR RESPONSABLE, EL CONTENIDO DEL PRESENTE DOCUMENTO; COMPRENDO LOS COMPROMISOS QUE ASUMO Y LOS ACEPTO EXPRESAMENTE; MANIFIESTO MI DESEO DE PARTICIPAR EN LAS INVESTIGACIONES Y FIRMO VOLUNTARIAMENTE EL CONSENTIMIENTO INFORMADO. AL FIRMAR ESTE CONSENTIMIENTO NO RENUNCIO A NINGUNO DE MIS DERECHOS Y HE RECIBIDO UNA COPIA DE ESTE IMPRESO.

---

Nombre y firma del participante

---

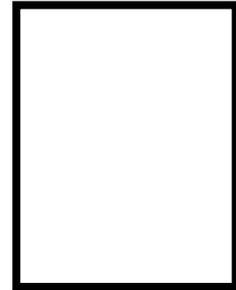
Nombre y firma de testigo

---

Nombre y firma del investigador

México, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

El participante, en caso de no saber leer y escribir, puede colocar su huella digital en el siguiente cuadro, después de haberle leído el documento en presencia de un testigo.



En caso de cualquier duda o sugerencia en relación al proyecto comunicarse con:

Dr. Víctor Manuel Mendoza Núñez.

Unidad de investigación en gerontología FES Zaragoza UNAM, México.

Tel. 58-55-12-95, o al correo:

[envejecimientosaludable@hotmail.com](mailto:envejecimientosaludable@hotmail.com)

Dra. Lilia Castillo Martínez

Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán,

Tel. 55-54-87-09-00

Extensión 5050, o al correo:

[caml1225@yahoo.com.mx](mailto:caml1225@yahoo.com.mx)

## ANEXO 2



Folio: \_\_\_\_\_



### INFORMACIÓN GENERAL

\_\_\_\_\_  
Nombre(s)      Apellido Paterno      Apellido Materno      Sexo: MF      Edad \_\_\_\_\_

Fecha de nac: \_\_\_\_\_ Edo. Civil: \_\_\_\_\_ Prac. Religión: SI NO  
¿Cuál? \_\_\_\_\_

Dirección: Calle y No: \_\_\_\_\_

Col. \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ Sabe leer y escribir: SI NO

Escolaridad (años aprobados): \_\_\_\_\_

Ocupación (es) actual (es):

\_\_\_\_\_

Ocupación (es) anterior (es):

\_\_\_\_\_

Apartado	Cuestionario	Evaluado por	Fecha	Capturado
Cuestionario de salud	Estado de salud			
	Estilo de vida			
	Socioeconómico			
Evaluación psicológica	A=PANAS, B Yesavage, C=Resiliencia D=optimismo E=Autoeficacia F=Generetividad G=Satisfacción H=necesidad de cognición I=Autoestima J= Estrés percibido K= Calidad de vida L Gohai. M= Insomnio N=Somnolencia			
Evaluación social	Redes de apoyo			
Evaluación de alimentación	24 Horas y MNA			
Evaluación de funcionalidad	FA=Barthel,FB=Rosow-Breslau, FC=Lawton y Brody, FD=Katz, FE=Nagi, FF=Tinneti			
Evaluación bucal	Evaluación de salud bucal			
Antropometría y fuerza	Antropometría			
	Impedancia			
	Fuerza			
	Prueba de los 4 metros, equilibrio, fuerza			
Evaluación Bioquímica (ECA ejercicio)				



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN  
GERONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE ALIMENTACIÓN

Folio: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

¿Qué día de la semana fue ayer?	1. Entre semana	2. Fin de semana	
Ayer, ¿fue un día normal para usted?	1. Sí	0=NO	

**Síntomas que le han impedido comer adecuadamente (en los últimos 6 meses):**

Falta de apetito	Náuseas	Estreñimiento	Vómito
Boca Seca	Diarrea	Dolor al comer	¿Dónde?

**Consumo de Alimentos**

1=inalterada	2=Mayor de lo habitual	3=Menor de lo habitual	(Alterado)	
			¿Por qué razón?	





FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN  
GERONTOLOGÍA



Folio: \_\_\_\_\_

## MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS Y RENDIMIENTO FISICO

Nombre: \_\_\_\_\_

<b>Medición antropométrica</b>	Fecha:	Fecha:
TAS		
TAD		
Peso(kg)		
Talla (cm)		
IMC		
Circunferencia de brazo (cm)		
Circunferencia de cintura (cm)		
Circunferencia de cadera (cm)		
Índice cintura cadera		
<b>Composición corporal (RJL)</b>	Fecha:	Fecha:
Resistencia(R)		
Reactancia (Xc)		
Ángulo de fase		

R/H		
Xc/H		
Cuadrante		
Hidratación		
Percentil		
MM (%)		
MG (%)		
IMME		
Diagnóstico		
<b>Rendimiento físico</b>	Fecha:	Fecha:
Prueba 4 metros (segundos)		
<b>Dinamometría de mano</b>	Fecha:	Fecha:
1° Intento	Kg	Kg
2° Intento	Kg	Kg
3° Intento	Kg	Kg
<b>Promedio</b>		
<b>Dolor</b>	Si No	Si No

### ANEXO 3 CALENDARIO DE ACTIVIDADES

“Somos lo que hacemos repetidamente. La excelencia entonces, no es un acto sino un hábito” – Aristóteles.



Agradecemos al grupo Valle Verde por su colaboración.

Elaborado por:

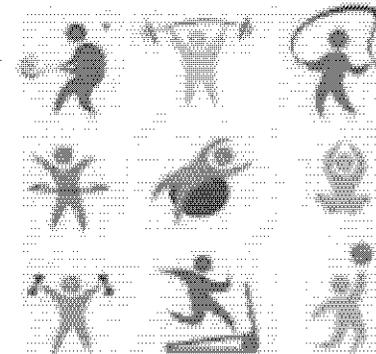
Luis García Castañeda

Wendy Rodríguez García

Nayeli Vaquero Barbosa

“Programa de ejercicio de fuerza para adultos mayores”

Nombre: \_\_\_\_\_



“Todo logro inicia con la decisión de lograrlo.”

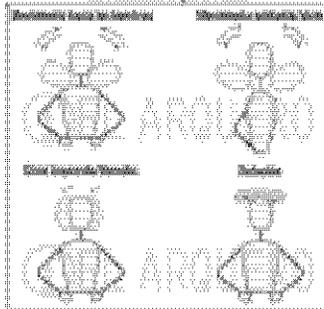




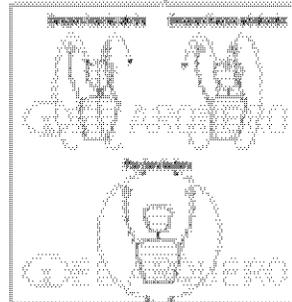
# Calentamiento

Duración: 15- 20 minutos.

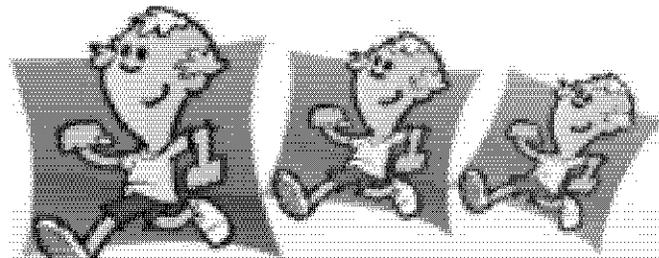
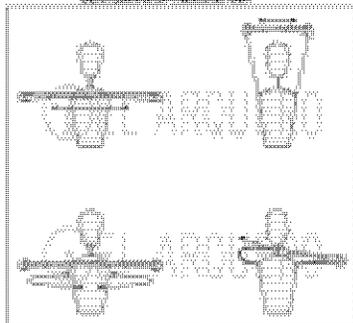
### Calentamiento para niñas



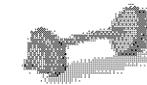
### Calentamiento para hombres



### Calentamiento para niñas con banda



## Calendario de actividades



1 MES \_\_\_\_\_

Adherencia:

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia:

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

## Calendario de actividades

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

1

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

2

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

### Fuerza miembros superiores

Duración: 5 minutos.



## Calendario de actividades



1 MES \_\_\_\_\_

Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

1

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

2

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

Fortalecimiento miembros inferiores

Duración: 5 minutos.

## Piernas



## Calendario de actividades

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

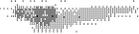
5

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

6

\*ANOTACIONES

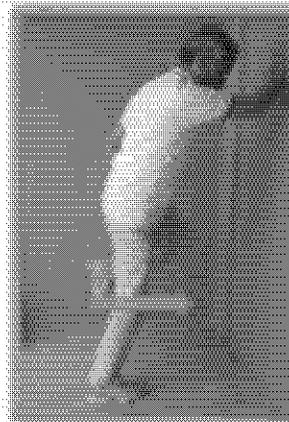
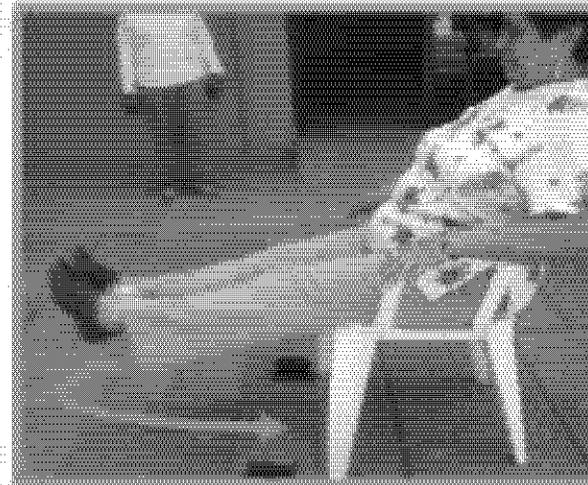
PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

Fortalecimiento miembros inferiores

Duración: 5 minutos.

Piernas



### Fortalecimiento miembros inferiores

Duración: 5 minutos.



3



4



### Calendario de actividades



1 MES \_\_\_\_\_

Adherencia

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

\*ANOTACIONES

PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

1 MES \_\_\_\_\_



Adherencia

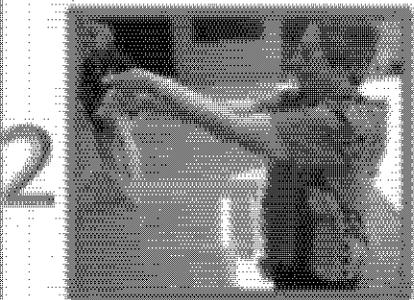
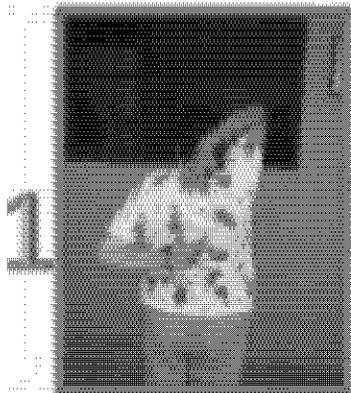
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

\*ANOTACIONES

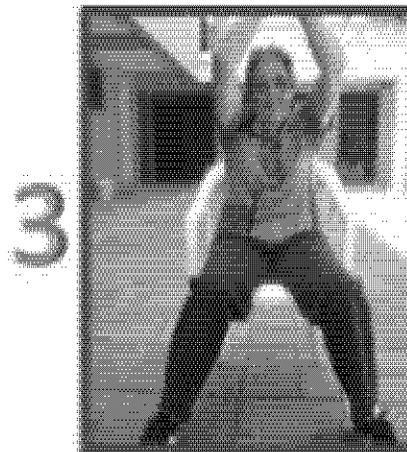
PESO: \_\_\_\_\_

REPETICIONES: \_\_\_\_\_

**Flexibilidad**  
Duración: 5 minutos.



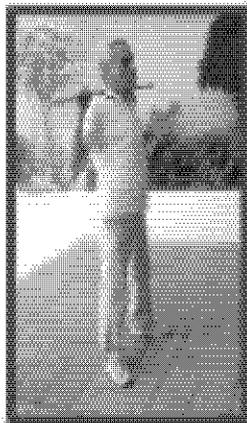
**Fortalecimiento tronco/abdomen**  
Duración: 5 minutos.



**Fortalecimiento tronco/abdomen**

Duración: 5 minutos.

1



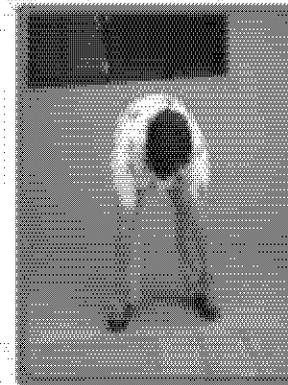
2



4



5



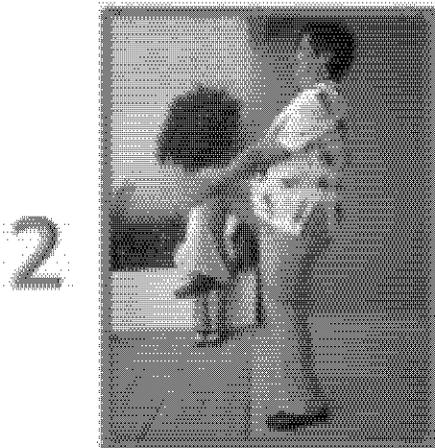
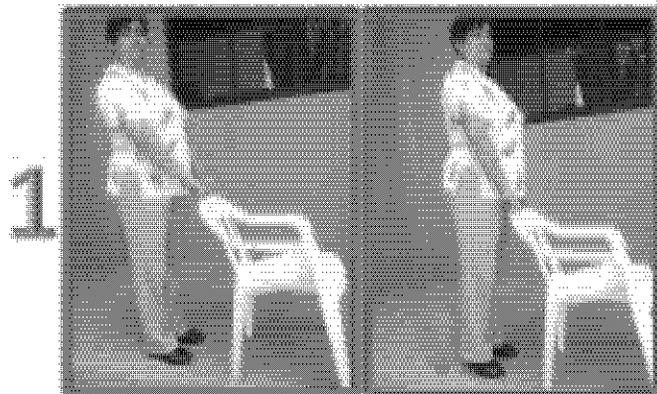
6



**Flexibilidad**

Duración: 5 minutos.

**Equilibrio**  
**Duración: 5 minutos.**



**Equilibrio**  
**Duración: 5 minutos.**



## ANEXO 4



### FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

### UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN GERONTOLOGÍA ESCALA DE ESFUERZO DE TRABAJO PERCIBIDO.



### BORG

- 6 Descanso
- 7 Esfuerzo muy muy ligero
- 8 Esfuerzo muy muy ligero
- 9 Esfuerzo muy ligero (Calentamiento y estiramiento)
- 10 Esfuerzo muy ligero (Calentamiento y estiramiento)
- 11 Esfuerzo bastante ligero
- 12 esfuerzo más o menos fuerte
- 13 Esfuerzo más o menos fuerte
- 14 Esfuerzo fuerte
- 15 Esfuerzo fuerte (Acondicionamiento físico)
- 16 Esfuerzo fuerte
- 17 Esfuerzo muy fuerte
- 18 Esfuerzo muy fuerte
- 19 Esfuerzo muy muy fuerte
- 20 Esfuerzo muy muy fuerte

Utilice esta escala para medir que tan fuerte es el ejercicio para usted. El número 6 representa el esfuerzo que realizas sentado(a) en una silla o haciendo nada. A medida que te ejercites más rápido o más fuerte, el esfuerzo lo sentirás cada vez más fuerte.

Verifica el nivel de esfuerzo varias veces durante cada sesión de entrenamiento. Los mismos ejercicios los sentirás diferentes en diferentes días. A medida que escuche a su cuerpo, aprenderá a no realizar más ejercicio.