

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

Facultad de Educación Física y Deporte

Coordinación de Investigación y Posgrado

Maestría en Ejercicio Físico para la Salud y el Deporte



TESIS:

**EFFECTOS DE UN ENTRENAMIENTO COMBINADO DE FUERZA PLUS AERÓBICO
DE 12 SEMANAS SOBRE LA FUERZA Y POTENCIA MUSCULAR EN ADULTO
MAYOR CON Y SIN SÍNDROME METABÓLICO**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

L.C.F. BLAS SINAHÍ MADRIGAL OLIVARES

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ ALDO HERNÁNDEZ MURÚA

DR. JUAN LAURO MARTÍNEZ BARREDA

Culiacán de Rosales, Sinaloa, agosto de 2024



Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial
Compartir Igual, 4.0 Internacional



INDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria

Agradecimientos

Índice general	I
Abreviaturas	IV
Índice de tablas	VI
índice de figuras e imágenes	VIII
Resumen	IX

DEDICATORIA

A mi madre,

Elena

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su eterna bondad, por darme salud, fortaleza, responsabilidad, inteligencia y sabiduría, y por regalarme tiempo para cumplir mis metas.

A mi señora madre, María Elena, que ha sido mi inspiración para crecer profesionalmente y como persona. Mi admiración y cariño por todas sus enseñanzas, apoyo y amor. Muchas gracias, mamá.

Al director de la Facultad de Educación Física y Deporte, el M.C. Daniel Ramón Acosta López, por toda su colaboración y apoyo, muchas gracias.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado por la aprobación del proyecto “Bienestar Integral y Ejercicio Físico para la Salud”. Mi más sincero agradecimiento.

Quiero agradecer a mis asesores, al Dr. José Aldo Hernández Murúa y al Dr. Juan Lauro Martínez Barreda, por haber confiado en este proyecto y en todo momento brindarme su tiempo para orientarme hacia la terminación. Han sido para mí un ejemplo profesional por su entrega, disposición de trabajo en equipo y sobre todo, por su amistad. A ustedes mi más sincero agradecimiento.

Un agradecimiento especial para todos aquellos que estuvieron detrás de este proyecto: colaboradores del medio que hicieron posible este estudio (profesores investigadores de diferentes facultades, alumnos tesistas y estudiantes prestadores de servicio social) y mis entrañables amigos Hugo y Daniel por todo su apoyo y comprensión. Muchas gracias.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.5 DEFINICIÓN Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	15
1.5.1 <i>Pregunta de investigación general</i>	15
1.5.2 <i>Preguntas de investigación específicas</i>	15
1.6 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 OBJETIVOS.....	16
1.7.1 <i>Objetivo general</i>	16
1.7.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
1.8 HIPÓTESIS.....	17
1.8.1 <i>Hipótesis de investigación principal</i>	17
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 ENVEJECIMIENTO PROCESO NORMAL DE LA EVOLUCIÓN HUMANA.....	20
2.1.1 <i>Efectos del envejecimiento</i>	23
2.1.1.1 <i>Ámbito fisiológico</i>	25
2.1.2.3 <i>En el ámbito de la aptitud física</i>	29
2.1.1.3.1 <i>La fuerza en la tercera edad</i>	31
2.1.1.3.2 <i>La potencia muscular en la tercera edad</i>	34
2.1.1.3.3 <i>La capacidad aeróbica en la tercera edad</i>	36
2.1.1.3.4 <i>La composición corporal en la tercera edad</i>	37
2.2. SÍNDROME METABÓLICO.....	39
2.2.1 <i>Definición</i>	40
2.2.2 <i>Patologías relacionadas</i>	41
2.3.1 <i>El ejercicio físico como medio para mejorar la calidad de vida en la tercera edad.</i> ..	44
2.3.2 <i>Beneficios del ejercicio físico</i>	45
2.4 PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO FÍSICO	49
2.4.1 <i>Tipo de ejercicio</i>	50

2.4.2 Intensidad del ejercicio	50
2.4.3 Duración del ejercicio	51
2.4.4 Volumen del ejercicio	51
2.4.6 Densidad del ejercicio	52
2.4.8 Programas de entrenamiento de potencia muscular	57
2.4.9 Programas de entrenamiento combinado en la tercera edad	58
CAPITULO 3. MATERIAL Y MÉTODO	60
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	60
3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO	61
3.3 SUJETOS	61
3.4 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE GRUPOS	62
3.5 MATERIAL	65
3.6 PROCEDIMIENTOS	66
3.6.1 Evaluación de salud médica y bioquímica	66
3.6.2 Evaluación de la presión arterial y composición corporal	66
3.6.3 Evaluación de la fuerza máxima dinámica (1RM)	67
3.6.3.1 Procedimiento para la evaluación de la fuerza máxima dinámica (1RM)	69
3.6.4 Potencia muscular (T-Force System)	70
3.6.5 Percepción subjetiva de esfuerzo OMNI-RES (0-10)	71
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	72
CAPITULO . RESULTADOS	74
4. RESULTADOS	74
4.1 EVALUACIÓN DE FUERZA 1RM EN ADULTO MAYOR CON Y SIN SÍNDROME METABÓLICO	76
4.2 EVALUACIÓN DE POTENCIA PICO EN ADULTO MAYOR CON Y SIN SÍNDROME METABÓLICO	78
CAPITULO 5. DISCUSION	80
5.1 EVALUACIÓN DE FUERZA EN 1RM	80
5.2 EVALUACIÓN DE POTENCIA MUSCULAR	83
CAPITULO 6. CONCLUSIONES	86
6. CONCLUSIONES	86

CAPITULO 7. BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS.....	110

ABREVIATURAS

%	Porcentaje
N	Sujetos
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa
FEFYDE	Facultad de Educación Física y Deporte
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
1RM	Una repetición máxima
PRE-TEST	Evaluación previa
POST-TEST	Evaluación posterior
VO ₂ máx	Volumen máximo de oxígeno
OMS	Organización Mundial de la Salud
GE	Grupo experimental
GC	Grupo control
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y geografía
ENASEM	Estudio Nacional de Salud y Envejecimiento en México
QMÁX	Gasto cardíaco máximo
VO ₂	Volumen de oxígeno
IMC	índice de masa corporal
HDL	Colesterol bueno
NCEP	Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol
ACV	Accidente cardiovascular
SM	Síndrome metabólico
DM2	Diabetes Mellitus 2
ACSM	Colegio Americano de Medicina del Deporte
REPS	Repeticiones
PP	Press de pecho
RS	Remo sentado
CB	Curl de bíceps
ET	Extensión de tríceps

LP	Prensa de pierna
SJ	Squat jump
PHP	Press horizontal de pierna
ER	Extensión de pierna
CP	Curl de pierna
ET	Empuje de tríceps
LP	Levantamiento de pantorrilla
PH	Press de hombros
MIN	Minutos
AC	Aducción de cadera
(IC)	Intervalo de confianza
CP	Cross de pecho
ABS	Abdominales
CIDOC	Centro de Investigación y Docencia en Ciencias de la Salud
ATP III	Panel de Tratamiento de Adultos III
TG	Triglicéridos
OMNI-RES	Escala de percepción subjetiva de esfuerzo
PAS	Presión arterial sistólica
PAD	Presión Arterial diastólica
KG	Kilogramo
CM	Centímetros
TE	Tamaño del efecto

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución porcentual de la población de 50 y más años de edad	23
Tabla 2. Principales cambios estructurales y sus consecuencias fisiológicas en el proceso del envejecimiento	26
Tabla 3. Efectos del envejecimiento y ejercicio físico sobre la fuerza	34
Tabla 4. Beneficios del ejercicio físico en el área psicológica y social	46
Tabla 5. Beneficios del ejercicio físico en relación con las fisiopatologías principales .	47
Tabla 6. Efectos y ejemplos de dosis de entrenamiento recomendadas y posibles enfoques organizativos para diferentes formas de entrenamiento de fuerza para personas mayores	54
Tabla 7. Estudios que han evaluado y entrenado el efecto de la fuerza en adultos Mayores	56
Tabla 8. Características físicas de los adultos mayores con y sin síndrome Metabólico	74
Tabla 9. Resultados de fuerza 1RM en pectoral y extensores de rodillas antes y después del programa de entrenamiento combinado de adulto mayor con (n=32) y sin (n=56) síndrome metabólico	75

Tabla 10. Resultado de potencia pico (W) de 1RM pectoral y extensores de rodillas antes y después del programa de entrenamiento combinado de adulto mayor con (32) y sin (56) síndrome metabólico 76

ÍNDICE DE FIGURAS E IMAGENES

Figura 1. Diseño experimental. Programa de entrenamiento combinado y evaluación de laboratorio	60
Figura 2. Diagrama de flujo	74
Imagen 1. Máquina de musculación leg extensión	67
Imagen 2. Máquina de musculación Peck deck	67

RESUMEN

Resumen

Objetivo: El presente estudio tuvo como principal objetivo realizar un entrenamiento combinado de fuerza plus aeróbico de 12 semanas sobre la fuerza y potencia muscular en adultos mayores con y sin síndrome metabólico, como objetivo secundario verificar diferencias de fuerza y potencia muscular entre los adultos mayores con y sin síndrome metabólico. **Método:** Se realizó un estudio longitudinal con evaluación pre y post-intervención. Participaron 122 sujetos en el estudio experimental se clasifico de acuerdo a su estado de salud en dos grupos; grupo de adultos mayores con síndrome metabólico (n=32) y grupo de adultos mayores sin síndrome metabólico (n=56). Se determinaron mediciones en piernas y brazos de la fuerza máxima dinámica con el método de 1RM y la potencia muscular al 40, 50, 60, 70 y 80 % de 1RM por medio de un encoder lineal (T-FORCE System). **Resultados:** Tanto los adultos mayores con y sin síndrome metabólico tuvieron aumentos significativos en la fuerza máxima (todos los valores, $p < 0.05$) y la potencia muscular (todos los valores $p < 0.05$) en los músculos extensores de la rodilla y pectorales después del programa de entrenamiento. Sin embargo, en las evaluaciones post-intervención, los adultos mayores con síndrome metabólico presentaron valores más altos de fuerza máxima ($p = 0.047$, ES = 0.527) y potencia muscular (al 40, 50, 60, 70 y 80% de 1RM; todos los valores, $p < 0,05$; ES oscila entre 0.439 a 0.542) en los músculos pectorales que los adultos sin síndrome metabólico, pero en los valores de fuerza máxima y potencia muscular no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. **Conclusiones:** Adultos mayores con y sin síndrome metabólico presenta mejoras de fuerza máxima y potencia muscular después de un programa de ejercicio físico combinado de fuerza plus aeróbico de 12 semanas. Adultos mayores con síndrome metabólico tuvieron valores más alto de fuerza y potencia muscular en brazos. Sin embargo, los valores en piernas fueron similar entre adultos mayores con y sin síndrome metabólico.

Palabras claves: entrenamiento combinado, fuerza y potencia muscular, aeróbico y síndrome metabólico.

Summary

Objective: The main objective of this study was to carry out a 12-week combined strength plus aerobic training on muscle strength and power in older adults with and without metabolic syndrome, as a secondary objective to verify differences in muscle strength and power between older adults with and without metabolic syndrome. **Method:** A longitudinal study was carried out with pre- and post-intervention evaluation. 122 subjects participated in the experimental study and were classified according to their health status into two groups; group of older adults with metabolic syndrome (n=32) and group of older adults without metabolic syndrome (n=56). Measurements in legs and arms of maximum dynamic force with the 1RM method and muscle power at 40, 50, 60, 70 and 80% of 1RM were determined by means of a linear encoder (T-FORCE System). **Results:** Both older adults with and without metabolic syndrome had significant increases in maximal strength (all values, $p < 0.05$) and muscle power (all values, $p < 0.05$) in the knee extensor and pectoral muscles after of the training program. However, in the post-intervention evaluations, older adults with metabolic syndrome presented higher values of maximum strength ($p = 0.047$, $ES = 0.527$) and muscle power (at 40, 50, 60, 70 and 80% of 1RM; all values, $p < 0.05$; ES ranges between 0.439 to 0.542) in the pectoral muscles than adults without metabolic syndrome, but in the values of maximum strength and muscle power there were no significant differences between both groups. **Conclusions:** Older adults with and without metabolic syndrome show improvements in maximum strength and muscle power after a 12-week combined strength plus aerobic physical exercise program. Older adults with metabolic syndrome had higher values of muscle strength and power in their arms. However, values in legs were similar between older adults with and without metabolic syndrome.

Keywords: combined training, muscle strength and power, aerobic and metabolic syndrome

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El adulto mayor, de 65 años en adelante, experimenta un deterioro biológico, especialmente en sus capacidades físicas como los niveles de fuerza y potencia muscular del tren inferior. Esto se traduce en dificultades para realizar actividades cotidianas, complicaciones al levantar y transportar objetos, o incluso el simple acto de subir escaleras (Aparicio et al., 2010). Como resultado, la disminución de la fuerza y potencia incrementa la dependencia, las caídas y las lesiones (Castrillón, 2014).

La última etapa del ciclo vital se caracteriza por la pérdida progresiva en todos los tejidos y órganos del cuerpo. Con la edad, se producen una serie de cambios biológicos, económicos y sociales que afectan negativamente la salud del adulto mayor (Moreno, 2014).

El síndrome metabólico es un trastorno complejo que se caracteriza por factores de riesgo cardiovasculares fuertemente correlacionados al depósito central de grasa y la resistencia a la acción de la insulina. Otros factores de riesgo, cómo: hipertensión arterial, dislipidemia, obesidad abdominal y la alteración en la homeostasis glucémica. Junto con el envejecimiento y las modificaciones metabólicas que conlleva, existen mayores riesgos de desarrollar diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares (Martín et al., 2010; Martínez et al., 2021). Los estudios epidemiológicos en relación al padecer síndrome metabólico y la edad nos señalan un índice dramático, por lo cual las personas mayores de 60 años tienen de 2 a 3 veces posibilidades, que el en los adultos jóvenes (Song et al., (2021).

Los programas de entrenamiento deben ser naturales, seguros, accesibles y eficaces para contrarrestar los efectos del envejecimiento. Se han publicado recomendaciones, directrices y principios para la correcta aplicación de entrenamiento en adultos mayores. Aunque el entrenamiento de la capacidad aeróbica es el más habitual, actualmente el entrenamiento de fuerza es el método más eficiente para combatir los efectos del envejecimiento (Juevas, 2020). Sayers y Gibson (2014) recomiendan un programa de ejercicios en máquina de musculación de potencia sobre las extremidades inferiores y superiores.

El entrenamiento de fuerza es una estrategia que influye directamente en la funcionalidad muscular, la independencia física y calidad de vida. La adquisición de hábitos positivos durante la vida sobre las ventajas que tiene una vida activa físicamente puede afectar positiva o negativamente a la población adulta mayor (Aponte, 2015; Aagaard et al., 2010). De Souza y Rodrigues (2014) destacan la mejora del equilibrio, coordinación y velocidad de movimiento.

Debido a los cambios en el organismo del adulto mayor, se puede observar que el ejercicio físico controlado aporta beneficios. Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos de un programa de entrenamiento combinado de fuerza y resistencia aeróbica de 12 semanas sobre la fuerza máxima y potencia muscular en adultos mayores con y sin síndrome metabólico. La hipótesis establecida es que un programa de entrenamiento combinado de fuerza y capacidad aeróbica de 12 semanas tendrá mejoras significativas sobre la fuerza máxima y la potencia muscular relativa al 40%, 50%, 60%, 70% y 80% en adultos mayores diagnosticados con y sin síndrome metabólico.

La investigación se desarrolló con adultos mayores jubilados de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Se clasificó un grupo con síndrome metabólico (n=32) y uno sin síndrome metabólico (n=56), con un total de (n=88). Ambos

grupos realizaron al inicio un protocolo de pruebas para conocer su nivel de fuerza máxima de 1RM y potencia muscular (pre-test). El programa de entrenamiento combinado fue de 12 semanas con sesiones de fuerza tres veces por semana. Finalmente, se realizó un post-test.

1.2 Justificación

Este proyecto se centró en implementar una estrategia para mejorar la funcionalidad de un grupo de adultos mayores jubilados de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Esto se logró a través de un programa de entrenamiento físico, que se evaluó al inicio y al final.

El envejecimiento humano conlleva una serie de cambios fisiológicos en el cuerpo humano y es un fenómeno absoluto e inevitable. La actividad física diaria y el ejercicio físico controlado son métodos adecuados para mantener buenos niveles de salud muscular y capacidad cardiovascular (Quintero-Burgos et al., 2017; Martínez et al., 2021).

Los estudios epidemiológicos de síndrome metabólico a nivel mundial son inquietantes. En países como Estados Unidos de América y México, la prevalencia del síndrome metabólico se estima aproximadamente una cuarta parte de la población adulta, lo que equivale al 25% (Lizarzaburu, 2013). Ahora bien, es importante destacar que la población en adultos mayores de 60 años en México es particularmente elevada. Según un estudio de prevalencia realizado por Romero y Rodríguez 2019, que siguió los criterios del ATP III 2001, se encontró que el 61% de esta población son diagnosticados con síndrome metabólico. Además, se observó que la obesidad central fue mayor en las mujeres que en los hombres.

En cuanto a González-Rocha et al. (2024) estimaron la prevalencia del síndrome metabólico en adultos mayores con los criterios de la Federación Internacional de Diabetes en México. Los resultados fueron del 77,4% en la población general, encontrando un porcentaje mayor en mujeres con 83,7% y con los hombres 17,8%.

Este trabajo de investigación busca mejorar la fuerza, la potencia muscular y la resistencia cardiovascular, que definen la capacidad funcional de una persona para realizar tareas diarias y garantizar el bienestar físico. La fuerza se ha posicionado como una capacidad importante para mantener un buen estado de salud, independencia funcional y prevención o tratamiento de enfermedades crónicas (Ishigaki, 2014).

Este estudio es importante para entender los efectos positivos del ejercicio de fuerza muscular y resistencia aeróbica. Las principales adaptaciones al entrenamiento de fuerza incluyen hipertrofia, aumento de la unidad motora máxima, mejora de la velocidad de disparo de la unidad motora, aumento de la excitabilidad motoneuronal espinal e incremento del impulso motor eferente. Estas adaptaciones neuromusculares resultan en una mejor fuerza y potencia. Por otro lado, el ejercicio de resistencia aeróbica mejora adaptaciones centrales y periféricas que aumentan el nivel de VO_2 máx y la capacidad de los músculos para generar energía a través del metabolismo oxidativo (Fragala et al., 2019).

Los beneficios del impacto de protocolos científicamente diseñados y específicos para edades adultas del entrenamiento de fuerza muscular y resistencia aeróbica incluyen mitigar la atrofia musculo-esquelética, disminuir las enfermedades cardiovasculares, optimizar el equilibrio nutricional y metabólico, retardar las señalizaciones bioquímicas de resistencia a la insulina, reactivar la potencia hormonal osteoblástica disminuyendo directamente la desmineralización ósea y evitar el riesgo de fracturas, mejorar la coordinación motora, reforzar el sistema inmunológico, reducir la fatiga y el estrés (Aparicio et al., 2010; Hamer et al., 2014; Cartee et al., 2016).

El entrenamiento de fuerza y aeróbico puede ser tan eficaz para revertir los factores de riesgo cardiovasculares en pacientes diagnosticados con síndrome metabólico. Esta población se asocia en gran medida con acciones conductuales, como el sedentarismo. Por lo tanto, cualquier

tipo de ejercicio físico de intensidad suficiente invertirá la balanza entre las calorías ingeridas y gastadas, provocando una disminución significativa de la masa grasa, mejorando la circunferencia de la cintura y modificando el perfil glucémico. Esto puede mitigar las cifras de HbA1c hasta un 0,48% en cortos periodos de tiempo (de 6-8 semanas). Además, puede reducir las cifras de presión arterial en los sujetos, hasta un 2% la presión sistólica y un 4% la diastólica, regulando los niveles de HDL y triglicéridos, y mejorando el VO2 pico (Wewege et al., 2018; Floristán et al., 2014).

El adulto mayor es un ser vulnerable e incapaz de desarrollarse en su entorno, por lo que su vida cotidiana se vuelve dependiente de los miembros de su familia para realizar sus actividades. Debido a esto, se implementó un programa de entrenamiento combinado para moderar los efectos naturales del envejecimiento. Este programa ayudará a mejorar la independencia física y la calidad de vida. El entrenamiento de resistencia muscular se ha recomendado a los adultos mayores debido a su valor bien establecido para obtener adaptaciones en la fuerza y masa muscular (Garber et al., 2011).

En general, todos los programas de entrenamiento inducen ciertas mejoras en la fuerza máxima, hipertrofia o potencia muscular. Sin embargo, determinadas combinaciones tendrán un énfasis especial en unas u otras manifestaciones de la fuerza (Padilla et al., 2014).

1.3 Planteamiento del problema

Uno de los desafíos más importantes a los que se enfrentan todos los países es garantizar un sistema de salud y social capaz de afrontar un cambio demográfico. El envejecimiento de la población se está produciendo a un ritmo mucho más rápido que en el pasado. Actualmente, el

número de personas de 60 años o más supera al de niños menores de cinco años. Se espera que para 2050, la cantidad de adultos mayores supere a la de adolescentes y jóvenes de 15 a 24 años. Por lo tanto, se prevé un incremento del 34% en la población en la etapa senil entre 2020 y 2030 (OMS, 2020).

La prevalencia de adultos en México se encuentra en un proceso de envejecimiento poblacional en los últimos años, es decir, el incremento tanto en volumen como en el extracto de 60 años y más en relación con otros grupos de edad como niñas y niños, jóvenes y personas adultas. Según la Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM), se tiene un aproximado de 53 años y más, de 25.9 millones de personas. De esta población adulta, se estima el 45.6% a hombres y el 54.4% a mujeres respectivamente (Gobierno de México, 2023).

En cuanto a la fisiología del envejecimiento, es el resultado de una gran variedad de daños moleculares y celulares acumulados a lo largo de la vida, lo que conlleva un descenso inevitable y gradual de las capacidades físicas, especialmente en términos de fuerza y potencia muscular. Esto conduce a un mayor riesgo de enfermedades y, finalmente, a la muerte (Vélez et al., 2019; OMS, 2020).

El envejecimiento se caracteriza por una serie de cambios y la aparición de enfermedades que afectan la independencia funcional y el estado de salud del adulto mayor. Esto resulta en una disminución de energía, por lo que cuando las demandas energéticas no corresponden al valor energético del adulto mayor, se produce un aumento progresivo de peso, lo que da lugar a la aparición y desarrollo de una serie de enfermedades como el síndrome metabólico (Medrano, 2020). Principalmente el síndrome metabólico es complejo y se caracteriza por una serie de agrupamientos de factores de riesgo como: circunferencia de cintura alta, dislipidemia, hipertensión y resistencia a la insulina (Myers et al., 2019; Navalón, 2020).

La inactividad física juega un papel tan importante en el envejecimiento que gran parte del deterioro muscular y cardiorrespiratorio está relacionado con la falta o escasa actividad física (De Jaeger, 2018). Las reducciones significativas en la fuerza y potencia muscular se denominan dinapenia y ocurren en los adultos mayores relacionadas con la vejez, no causadas por enfermedades musculares ni neurológicas. Además, está fuertemente relacionada con una capacidad funcional deteriorada, discapacidad, una calidad de vida reducida, disminución de la fuerza, disminución del equilibrio y deficiencias en los sistemas sensoriales. Sobre todo, la disminución de la fuerza es una variable negativa que afecta para realizar las actividades cotidianas (Dodds et al., 2015; Nakagawa et al., 2017; De Jaeger, 2018).

Todos los músculos del cuerpo humano, especialmente los del tronco y las extremidades, se atrofian con el tiempo, lo que provoca una pérdida del tono muscular y una disminución en la potencia muscular, fuerza, resistencia y agilidad. Sin embargo, esta disminución no se debe directamente al envejecimiento sino a factores ambientales como el sedentarismo o inactividad física. Además, frecuentemente se relaciona con factores nutricionales y el consumo de tabaco y alcohol (De Jaeger, 2018).

La fuerza muscular es un indicador que puede señalar el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Asimismo, los riesgos cardiometabólicos afectan directamente a los adultos mayores sedentarios a largo plazo. Incluso los estudios han demostrado que una baja fuerza de empuñadura se asocia con sarcopenia. La fuerza de empuñadura se considera un marcador confiable para conocer el nivel de fragilidad en los adultos mayores. En consecuencia han surgido investigaciones para mejorar los niveles de salud y contrarrestar los riesgos asociados (Fraser et al., 2016; Takahashi et al., 2017).

La principal razón para este estudio es demostrar cómo un programa combinado puede mejorar el nivel máximo de fuerza y potencia muscular principales características relacionadas con los efectos del envejecimiento.

1.4 Antecedentes

Un programa de entrenamiento combinado que se enfoca en la fuerza-resistencia puede aportar varios beneficios para la salud. Sin embargo, este requiere de una serie de recomendaciones ordenadas y sistemáticas. Por ello, se puntualiza un protocolo sistemático e individualizado que cumple con las necesidades y minimiza los riesgos. Es por esta razón que se toman en cuenta varios estudios que tienen una estrecha relación con el tema.

El estudio realizado por Bezerra et al. (2018) comparó el rendimiento muscular y las modificaciones en la composición corporal después de la intervención de dos programas de entrenamiento de 8 semanas sobre la resistencia muscular. Este consistió en ejercicios múltiples de articulaciones versus un entrenamiento combinado de articulación múltiple y única de resistencia de bajo volumen en una población de adultos mayores. Los hallazgos fueron similares en 12-RM, resistencia muscular localizada y fuerza de agarre.

Por otro lado, un estudio controlado realizado por Carrasco-Poyatos et al. (2018) diseñó dos programas de entrenamiento: uno basado en pilates clasificado como grupo control y otro en entrenamiento de fuerza como grupo experimental. Participaron 70 mujeres mayores con el objetivo de analizar los efectos de los programas sobre la funcionalidad, composición corporal y equilibrio. Los autores determinaron una mejora en la función física, agilidad y equilibrio dinámico después de 18 semanas de ejercicio controlado con respecto a los programas de pilates y ejercicios musculares. Además, ambos programas, con intensidad moderada a alta, aumentaron la masa muscular de los sujetos.

El estudio realizado por Dos Santos et al. (2018) analizó los efectos de dos programas de entrenamiento enfocados al sistema piramidal sobre la fuerza y la masa muscular. A través de este estudio, los autores establecieron la efectividad del sistema de entrenamiento piramidal para

desarrollar la fuerza y masa muscular. Participaron 39 personas que realizaron un programa de entrenamiento de resistencia muscular durante 8 semanas en forma de pirámide ascendente. Aunque se observó una mejora en la fuerza y la masa muscular, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Lee et al. (2019) investigaron si el aumento de masa muscular y fuerza medido por el ejercicio ocurriría concurrentemente en adultos mayores. Participaron un total de 152 sujetos, los autores diseñaron un grupo experimental y un grupo control que fueron asignados a un entrenamiento físico con una intervención de 8 semanas (jóvenes entre 65 a 74 años $n = 73$, personas mayores de 75 años $n = 63$). En conclusión, observaron que la manifestación de la fuerza en relación con la edad del extensor de rodilla se produce antes en comparación con el flexor durante el proceso del envejecimiento. Además, el ejercicio mejora la fuerza del músculo esquelético sin aumentar la masa muscular, lo que indica que la fuerza muscular puede ser independiente de la masa muscular en edades muy avanzadas (>75 años).

Finalmente, un estudio comparativo realizado por Quintero-Burgos et al. (2017) sobre la independencia funcional en adultos mayores físicamente activos y sedentarios buscaba identificar diferencias en hombres entre 60 y 70 años. Participaron 22 sujetos, 11 sedentarios y 11 deportistas dedicados al ciclismo montaño. Los autores encontraron que los adultos mayores que realizan constantes prácticas de actividad física presentan mejores características en su composición corporal, flexibilidad en su cintura, mejor capacidad aeróbica y desarrollan mayor potencia muscular.

Las investigaciones de Ribeiro et al. (2018) analizaron los efectos de los diferentes sistemas de entrenamiento de resistencia sobre la fuerza muscular y la hipertrofia en mujeres mayores. Se entrenaron en sistemas como: resistencia muscular, sistema de carga piramidal y carga constante.

Los resultados encontrados en ambos sistemas declararon que son efectivos para el incremento de la fuerza y base para la hipertrofia, pero el sistema de entrenamiento piramidal no es superior al sistema de carga constante para alcanzar mejoras en la fuerza y crecimiento muscular en mujeres mayores.

La obra de Sardeli et al., (2017) destacó en su investigación los efectos cardiovasculares en el entrenamiento de resistencia muscular. Su objetivo fue comparar las respuestas cardiovasculares con tres intervenciones diferentes de entrenamiento aplicados a 21 adultos mayores en una máquina de prensa para pierna. Las intervenciones fueron de carga alta (80% 1RM) hasta la falla muscular; carga baja (30% 1RM) hasta fallo muscular; carga baja, 30 repeticiones seguidas de 3 series de 15 repeticiones, con un 50% 1RM, además agregaron una restricción del flujo sanguíneo y una sesión de control. Los hallazgos muestran que es mejor llevar a cabo un entrenamiento de carga alta pero con ejercicio de bajo volumen que un volumen alto y una carga baja, en consecuencia influyen aumentos de presión arterial más bajos y una recuperación parasimpática más rápida.

El entrenamiento de fuerza reduce los riesgos metabólicos y marcadores inflamatorios en mujeres mayores de acuerdo a los hallazgos de Tomeleri et al. (2018). Dentro de su estudio aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas en mujeres (>60). Evaluaron la composición corporal, la fuerza muscular mediante una repetición máxima, la presión arterial y las mediciones clínicas de muestras de sangre, el protocolo de evaluación de estas variables se realizó antes y después de la intervención. Los resultados arrojaron que el entrenamiento de resistencia de 12 semanas fue eficaz para reducir las características del síndrome metabólico y los biomarcadores inflamatorios en mujeres mayores.

El ensayo clínico de Villareal et al. (2017) evaluó la efectividad del ejercicio físico para contrarrestar los efectos del envejecimiento sobre la capacidad funcional, fragilidad y la prevención de la reducción de masa magra. En este estudio participaron 141 adultos mayores con obesidad. Los métodos empleados fueron: ejercicio físico combinado, ejercicio aeróbico y fuerza muscular. En conclusión se encontró que el ejercicio físico combinado aporta una mayor mejora en la capacidad funcional y la reducción de la fragilidad que la intervención individual y se relaciona con el mantenimiento parcial de masa muscular.

El trabajo de investigación de Concha-Cisternas et al. (2017) realizó la aplicación de un protocolo de intervención física combinada (aeróbica y fuerza muscular) durante 12 semanas. Se evaluó la fuerza, flexibilidad, equilibrio estático y dinámico y la capacidad aeróbica. Los resultados señalan que el programa combinado mejora significativamente las manifestaciones de fuerza, flexibilidad y capacidad aeróbica en mujeres mayores.

En esa misma línea, el entrenamiento de fuerza es sumamente importante para prevenir y tratar enfermedades relacionadas con el síndrome metabólico y para disminuir los efectos del envejecimiento, que implica la reducción de masa muscular. En otras palabras, dicho entrenamiento debe considerarse una intervención positiva y sinérgica para mejorar la calidad de vida en el adulto mayor.

1.5 Definición y preguntas de investigación

Al desarrollar el planteamiento del problema de esta investigación presentado anteriormente, surgen algunos cuestionamientos, los cuales funcionaran como directrices para la elaboración del presente estudio.

1.5.1 Pregunta de investigación general

¿Cuáles serán los efectos de un programa de entrenamiento combinado de fuerza y resistencia aeróbica de 12 semanas para mejorar la fuerza máxima y potencia muscular en adultos mayores con y sin síndrome metabólico?

1.5.2 Preguntas de investigación específicas

¿Cuál será el proceso diagnóstico para clasificar a los adultos con y sin síndrome metabólico?

¿Cuáles son los efectos que se obtendrá a través del programa de entrenamiento combinado sobre la fuerza máxima dinámica?

¿Cuáles son los efectos que se obtendrá a través del programa de entrenamiento combinado sobre la potencia muscular?

1.6 Delimitación de la investigación

Este trabajo consistió en la aplicación de un estudio durante el periodo de abril a agosto de 2019, con la participación de adultas mayores que realizaron un programa de ejercicio físico dentro de las instalaciones de la Facultad de Educación Física y Deporte (FEFYDE) y del Gimnasio Cardiovascular de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) para determinar los efectos del programa de entrenamiento combinado sobre la fuerza y la potencia muscular.

1.7 Objetivos

En esta investigación intenta dar respuestas a una serie de preguntas y dudas que surgen en relación a la población de estudio sobre los efectos de un programa de entrenamiento combinado, con la finalidad de esclarecer científicamente la efectividad de cada uno de ellos, por separada y en comparación. Una vez analizado el marco teórico que justifica el estudio, a continuación, se muestran los objetivos e hipótesis propuestos para la presente tesis de maestría.

1.7.1 Objetivo general

Analizar los efectos de un programa de entrenamiento combinado de fuerza y resistencia aeróbica de 12 semanas sobre la fuerza máxima y potencia muscular en adultos mayores con y sin síndrome metabólico.

1.7.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos se definen los siguientes:

1. Establecer los parámetros para diagnosticar y clasificar a los adultos mayores con presencia y sin presencia del síndrome metabólico
2. Establecer las pruebas y determinar el nivel de la capacidad de fuerza máxima y potencia muscular antes y después del programa de entrenamiento en los adultos mayores con presencia y sin presencia del síndrome metabólico.
3. Analizar los efectos del programa combinado sobre el desarrollo de fuerza y potencia muscular después de 12 semanas de entrenamiento en los adultos mayores con presencia y sin presencia del síndrome metabólico

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis de investigación principal

El programa de entrenamiento combinado de fuerza y capacidad aeróbica de 12 semanas tendrá ganancias significativas sobre la fuerza máxima y la potencia muscular en adultos mayores diagnosticado con y sin síndrome metabólico.

1.8.2 Hipótesis nula principal

El programa de entrenamiento combinado de fuerza y capacidad aeróbica de 12 semanas no tendrá ganancias significativas sobre la fuerza máxima y la potencia muscular en adultos mayores diagnosticado con y sin síndrome metabólico.

1.8.3 Hipótesis de investigación secundaria

Los adultos mayores con síndrome metabólico tienen valores más bajos de fuerza y potencia muscular respecto de los adultos mayores sin síndrome metabólico tras el programa de entrenamiento combinado.

1.8.3 Hipótesis nula secundaria

Los adultos mayores con síndrome metabólico no tienen valores más bajos de fuerza y potencia muscular respecto de los adultos mayores sin síndrome metabólico tras el programa de entrenamiento combinado.

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos en función de lo planteado para contextualizar sobre el tema de estudio. Por eso, se comienza con el concepto general del envejecimiento desde un punto de vista como proceso normal. Se prosigue con un desglose sobre los efectos en los tres ámbitos importantes relacionados con el proceso del envejecimiento: físico, psicológico y las capacidades físicas. Se explica el concepto del síndrome metabólico, sus características y patologías. Además, la lectura se centra en explicar la relevancia y beneficios del ejercicio físico y las manifestaciones en la aptitud física en el adulto mayor desde un punto de vista científico. De tal manera que, a partir de esta evidencia, se desarrolla el impacto de los programas de entrenamiento de fuerza, resistencia aeróbica y concurrente. Para la construcción del apartado del marco teórico, se llevó a cabo la estrategia de sistematizar las variables establecidas en un índice para su seguimiento.

2.1 Envejecimiento proceso normal de la evolución humana

En la actualidad, los autores de diversas profesiones clasifican el envejecimiento o senescencia como una serie de transformaciones físicas, funcionales y sociales que se producen con el tiempo. Este proceso se asocia a una disminución de la capacidad de adaptación del individuo a los cambios de su entorno y a una mayor dificultad para mantener un equilibrio interno.

Estas evoluciones conllevan un aumento de la vulnerabilidad y la fragilidad de los individuos. Este proceso es normal, inevitable e irreversible, culminando finalmente en la muerte (Bravo, 2015).

El envejecimiento se comprende como un proceso continuo, multifacéticos e irreversible de múltiples transformaciones biopsicosociales a lo largo de la vida, estas, no se encuentran alineadas y mucho menos uniformes, solo se relacionan ligeramente con la edad de una persona. Además, estos cambios están potencializados por factores epigenéticos y por el conjunto de decisiones de la persona, también, por las condiciones sociales, económicas, ambientales y políticas de la sociedad en el que se desarrolla el sujeto, estas permiten predecir bienestar y funcionamiento físico y mental (Política Pública Nacional de Envejecimiento y Vejez, 2023).

Rodríguez (2018) describe el concepto de envejecimiento desde la sociología gerontológica en tres diferentes definiciones, la primera es la vejez cronológica comprendiendo que la edad es importante para vincular ese proceso, la segunda definición desde el punto de vista funcional es como el momento de que aparecen las limitaciones y discapacidades. Por último, se entiende como parte del proceso vital de las personas, y que presentan características especiales.

Es complicado definir el inicio del envejecimiento desde el área biológica. Diversos eruditos definen el envejecimiento como un proceso que inicia en la pubertad y continúa a lo largo de la vida adulta, mientras que otros sostienen que este proceso comienza desde el momento de la concepción. Socialmente, las características que se perciben como propias de los ancianos varían según los entornos culturales y de generación en generación (Goswami y Sahai, 2016).

Silva et al. (2015) definen el envejecimiento como un proceso irreversible, natural y progresivo que afecta a todos los organismos sin excepción. Este proceso conlleva alteraciones que dificultan la integración del individuo con su contexto y disminuyen sus habilidades

biopsicosociales. Estas complicaciones pueden causar el desgaste de los sistemas osteomuscular, neuromuscular y cardiovascular, lo que puede limitar al individuo para desarrollarse y cumplir con un determinado rol social. En resumen, estas complicaciones pueden convertir al adulto mayor en un ser dependiente y poco funcional.

López-Otín et al. (2013) conciben el envejecimiento como el efecto gradual del tiempo sobre la vida de un organismo, provocando un deterioro significativo que finalmente lo conduce a la muerte. El sistema nervioso central parece ser especialmente vulnerable a los efectos del envejecimiento, resultando en una menor capacidad regenerativa y un declive de las funciones cognitivas y sinápticas (Bouchard et al., 2015).

Esperar la llegada de la vejez no debe ser considerado como una enfermedad, sino como un proceso multifactorial que se conceptualiza como una pérdida gradual de las funciones físicas, seguida de un alto riesgo de morbilidad. Visto de esta manera, a veces la vejez se percibe desde el punto de vista médico como una colección de patologías (Torres y Herrera, 2011).

Ruiz (2010) describe el envejecimiento como una etapa reglamentaria de la vida. Durante la vejez se presentan cambios progresivos de manera radical; si no se tienen en cuenta estos cambios, podrían afectar la salud y el bienestar del individuo. Por ello, es importante envejecer de la mejor forma posible, de una forma saludable. Para lograr esto, es necesario adoptar una serie de hábitos que podrían contribuir a mejorar la calidad de vida durante este proceso.

La población de adultos mayores de 65 años en México está creciendo y seguirá creciendo. Según el INEGI (2015), hay más de 12 millones de personas en esta categoría, de las cuales el 53.9% son mujeres y el 46.1% son hombres. La expectativa promedio de vida en el país es de 75.3

su variación, así como el desarrollo de enfermedades crónicas que aceleran la vejez (como la diabetes mellitus, patologías cardíacas y obesidad) (Beltran et al., 2018).

La susceptibilidad a estos factores externos está determinada principalmente por el sedentarismo, que con el paso de los años se convierte en un factor significativo para la discapacidad e incluso la muerte. La hipoactividad en el adulto mayor provoca una serie de alteraciones de tipo fisiológico, psicológico y sobre las capacidades físicas, estas últimas son variables de la aptitud física (Bravo, 2015).

El envejecimiento comprende la involución de las capacidades físicas, lo que resulta en una disminución del estado físico y una reducción de la capacidad funcional del anciano. Es importante destacar que las personas mayores no constituyen un grupo homogéneo debido a cambios, principalmente hormonales. Además, existen factores sociodemográficos, culturales, económicos y estilos de vida más favorables para la salud, como la realización de ejercicio físico, que pueden variar para hombres y mujeres. Estos factores pueden determinar que la salud, el perfil de riesgo y los patrones de discapacidad y dependencia no sean los mismos para ambos géneros (Zunzunegui et al., 2009).

La naturaleza del envejecimiento está correlacionada con los estragos del deterioro causando disminuciones progresivas sobre la capacidad funcional del adulto. La persona encuentra limitaciones para ejecutar las actividades del día a día y generalmente llega a la incapacidad funcional, en la que ya no es autosuficiente para realizar actividades básicas en su entorno, lo que lo convierte en un ser dependiente (Arango et al., 2016).

Con el paso de los años, surge el aislamiento social debido a la pérdida de capacidades y funciones que prohíben e impiden las actividades y participación en pro de su propio beneficio y

de los demás. Por lo tanto, el envejecimiento debe ser visto no solo desde la edad fisiológica sino también desde su relación con la pérdida de funciones y los procesos degenerativos de todos los sistemas corporales que se producen con el paso del tiempo (Ferrada y Zavala, 2014; Torres et al., 2015; Quino-Ávila et al., 2017).

Estos fundamentos teóricos requieren una comprensión minuciosa sobre las características, los factores determinantes y las consecuencias de estos cambios en el proceso de envejecimiento. Por lo tanto, los siguientes temas presentan todo lo que conlleva esta etapa de la vida (adulto mayor).

2.1.1.1 Ámbito fisiológico

El envejecimiento se caracteriza por una disminución progresiva que se desarrolla a nivel molecular, celular, tisular y orgánico. Como resultado, esta pérdida provoca cambios considerables en los sistemas cuando los órganos y tejidos empiezan a tener un ritmo de actividad más bajo, produciendo alteraciones fisiológicas como el daño en las células nerviosas y la pérdida de elasticidad en los tejidos y vasos sanguíneos (Declerck y Berghe, 2018; Vélez et al., 2019).

La siguiente tabla 1. describe los cambios fisiológicos en diferentes aparatos y sistemas, así como las consecuencias fisiológicas del proceso de envejecimiento (Landinez, et al., 2012)

Tabla 2. Principales cambios estructurales y sus consecuencias fisiológicas en el proceso del envejecimiento.

Fisiopatológicas	Efectos fisiológicos
en el proceso de envejecimiento	
Disminución de agua corporal.	Disminución sobre la resistencia a la deshidratación.
Disminución del tamaño de los órganos.	Alteración en la distribución de los fármacos.
Aumento relativo de la grasa corporal.	
Aparato cardiovascular	
Declive del número de células miocárdicas y de la contractibilidad.	Reducción de la reserva cardíaca.
Aumento de resistencia al llenado ventricular.	Escasa respuesta del pulso con el ejercicio.
Rigidez de las arterias.	Arritmias
Descenso del gasto cardíaco.	Aumento de la presión diferencial del pulso.
Disminución del flujo sanguíneo.	Aumento de la presión arterial.
Aparato respiratorio	
Descenso en la compliancia pulmonar.	Caída de la capacidad vital.
Pérdida de septos alveolares.	Crecimiento de volumen residual y de la diferencia alvéolo arterial de oxígeno.
Colapso de las vías aéreas y aumento del volumen de cierre.	Aumento del riesgo de infecciones y broncoaspiración.
Disminución de la fuerza y de la tos y aclaramiento mucociliar.	
Sistema nervioso	
	Alteraciones intelectuales.
Pérdida neuronal variable.	Lentitud y escasez de movimientos.
Disminución de conexiones interdendríticas y de neurotransmisión colinérgica.	Hipotensión postural, mareos y caídas.
Disminución del flujo sanguíneo cerebral.	Reaparición de reflejos primitivos.
Disminución de la velocidad de conducción.	Deshidratación.
Alteración en los mecanismos de control de temperatura y de la sed.	

Tabla 1. (continuación)

Sentidos	
Vista:	Disminución de agudeza visual.
Alteración en la fisiología del vítreo y retina.	Bajo nivel de adaptación a la oscuridad.
Degeneración macular.	Reducción de campos visuales.
Trastorno de coloración, rigidez y tamaño del cristalino.	Trastornos en la acomodación y reflejos pupilares. Mayor riesgo de cataratas, astigmatismo y miopía.
Oído:	
Reducción de la función de células sensoriales en el aparato vestibular.	Reducción de la audición, discriminación de sonidos y alteraciones del equilibrio.
Gusto y olfato:	
Descenso en número y función de papilas gustativas y células sensoriales olfativas.	Disminución de la satisfacción y gastronómica.
Baja producción de saliva.	
Tacto:	
Reducción de agudeza táctil y de temperatura.	
Receptores de dolor intactos.	
Aparato locomotor	
Estatura:	
Acortamiento de la columna vertebral por estrechamiento del disco.	Descenso progresivo de altura.
Cifosis	
Huesos:	
Los huesos largos conservan su longitud.	Osteoporosis
Pérdida universal de masa ósea.	Colapso vertebral Fracturas de huesos largos con traumas mínimos.
Articulaciones:	
Disminución de la elasticidad articular.	Limitación articular
Degeneración fibrilar del cartílago articular y atrofia.	
Músculos:	
Reducción del número de células musculares.	Pérdida de fuerza muscular progresiva.
Aumento del contenido de grasa muscular.	Disminución de la eficacia mecánica del músculo.

Adaptado de "proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia" por Landinez, Contreras y Castro, 2012)

2.1.1.2 Ámbito psicológico

La concepción de las personas sobre el envejecimiento a menudo se centra en los cambios fisiológicos. Sin embargo, la vejez también presenta importantes efectos psicológicos que se suceden al llegar a la tercera edad (Juesas, 2020).

García et al. (2006) aclaran que el autoconcepto está relacionado con la aceptación de uno mismo y el bienestar que se puede generar. Además, se ha demostrado que con la edad, las personas sufren una pérdida de algunas funciones cognitivas y debilidad en la coordinación. La primera razón se debe a cambios en un cerebro senil y la segunda a un déficit de estímulos externos (Sánchez, 2015).

En la obra de Mor (2015), se fundamenta que la autoestima es entendida como el valor afectivo o evaluativo del autoconcepto. Por lo tanto, es un elemento fundamental del bienestar subjetivo del individuo. Este término se define como el conjunto de percepciones, pensamientos, imágenes, juicios y atención sobre uno mismo. La autoestima determina la manera de ser, de estar y de actuar en el entorno.

El proceso de envejecimiento implica cambios neurobiológicos relevantes. Existe una disminución del número de neuronas y de conexiones sinápticas en ciertas estructuras cerebrales que generalmente afectan a la memoria y la capacidad de atención. Esto tiene como efecto un gran número de patologías asociadas con la pérdida de memoria (Isla et al., 2016).

Los efectos destacables son las relaciones sociales que con el tiempo van marcando a las personas en su modo de relacionarse e interactuar con los demás. La forma de conectar con su exterior no es igual entre jóvenes y adultos. En muchas ocasiones, los efectos vienen por las

limitaciones sobre la baja o nula autonomía física, lo que conlleva dependencia hacia otras personas. De modo que, las personas adultas, en algunos casos, se ven obligadas a ver sus redes sociales disminuir. No obstante, Chopik (2017) destaca la importancia de llevar una vida social activa, con buenas redes sociales y actividad en la comunidad, ya que protege contra la mortalidad y predice el mantenimiento de la capacidad funcional y cognitiva.

2.1.2.3 En el ámbito de la aptitud física

La aptitud física se comprende como la capacidad de realizar actividad física con cierta intensidad, de acuerdo a las posibilidades y limitaciones individuales. Esta se ve influenciada por numerosos componentes fisiológicos, especialmente la capacidad neuromuscular y el sistema cardiovascular. La aptitud física es de vital importancia para obtener una calidad de vida; el nivel de aptitud física determina la medida en que los adultos mayores pueden mantener autonomía dentro de la comunidad, participar en diferentes actividades, conocer y visitar amigos o familiares, y usar los servicios y facilidades que se les ofrecen. En general, enriquece sus propias vidas y las de las personas que les rodean. Se considera que la aptitud física tiene 5 componentes principales: fuerza y sus variantes, composición corporal, resistencia cardio-respiratoria, flexibilidad y equilibrio (Medrano, 2020; Valdés et al., 2020).

La Organización Mundial de la Salud (2020) define el término de aptitud física como la capacidad o potencial físico de una persona, y constituye un estado del organismo originado por el entrenamiento.

Al envejecer, la persona comienza a percibir cambios repentinos en la funcionalidad precedida por un nivel bajo de aptitud física, en partes relacionadas con la capacidad de resistencia

aeróbica, composición corporal, reducción de la fuerza y la potencia muscular. Esto es causado por una disminución de la masa de los músculos esqueléticos (sarcopenia) y cambios en la morfología muscular. La afectación de estas capacidades tiene un efecto significativo sobre la funcionalidad, como es la velocidad de la marcha, el aumento de caídas, la disminución de la capacidad de caminar grandes distancias y las actividades de la vida cotidiana. Por tanto, lleva al sujeto a una pérdida paulatina de la autonomía funcional y la calidad de vida (Saa y García, 2016; Contreras, 2017).

Poseer un buen estado de aptitud física nos permite actuar de manera eficaz, realizando las tareas diarias con vigor y viveza, evitando una fatiga muscular y conservando energía para el disfrute de actividades de ocio. Este concepto es una compleja interrelación que ofrece protección contra enfermedades a nivel de colesterol, hipertensión, diabetes y grasa corporal. Los resultados de llevar a cabo una vida activa físicamente nos brindan una mayor calidad de vida; término que se refiere al estado físico, emocional y social que tenga una persona producto del estilo de vida, la capacidad funcional y las diversas enfermedades y tratamientos que puedan impactar positiva o negativamente sobre ella (País-Ribeiro, 2004).

El ritmo de la marcha es una variable que nos ayuda a conocer la capacidad funcional en adultos mayores. La flexibilidad de los tobillos, la fuerza en las extremidades inferiores y la capacidad aeróbica influyen sobre la velocidad de la marcha (Rybertt et al., 2015).

2.1.1.3.1 La fuerza en la tercera edad

Diversas investigaciones proponen un concepto de fuerza específica que se acerque a una definición más clara y precisa. En la literatura, podemos encontrar una gran variedad de ellas, lo que genera discusión dentro del mismo medio.

El autor Bosco et al. (2000) define la fuerza como una capacidad funcional que se expresa por la acción conjunta del sistema nervioso y muscular para crear tensión. Esta tensión es la manera en que el sistema neuromuscular produce fuerza. Además, la fuerza puede manifestarse de diversos tipos con los que se realizan las acciones de movilidad.

La fuerza es la capacidad condicional que implica una acción deliberada de un grupo muscular para mantener o realizar una reducida cantidad de movimiento, supone umbrales sub-máximas de esfuerzos e interviniendo extenuación prematura del gesto físico (Leiva, 2019).

De todos los componentes de la aptitud física, la fuerza muscular es la capacidad condicional con más importancia en los adultos mayores. Esta representa el potencial neuromuscular para enfrentar la resistencia externa o interna debido a la contracción muscular, de forma estática o dinámica (Ceballos et al., 2012). Al envejecer, las personas comienzan a percibir cambios en la funcionalidad presidida por un bajo nivel de los componentes de la aptitud física (Contreras, 2017).

Dentro de la evolución del envejecimiento, la masa muscular es el centro de atención, ya que es considerada la mayor influencia para las funciones físicas generalmente de un individuo. Además de producir fuerza, es esencial para el movimiento, el metabolismo, el almacenamiento

del glucógeno, la regulación de la temperatura, la estabilidad de las articulaciones y las funciones endocrinas (Pedersen y Febbraio, 2012; Medrano , 2020).

La fuerza se deteriora debido al funcionamiento del sistema musculoesquelético. Inicia su proceso involutivo a la edad de los 30 años. Sin embargo, es a partir de los 50 años cuando se observan cambios significativos en la masa y la fuerza muscular, con un aproximado porcentaje del 15% de declive por década, por lo cual se presenta una acentuación mayor entre los 40 y 60 años (Merletti et al., 2002; Keller y Engelhardt, 2013).

Uno de los cambios más significativos del envejecimiento es la sarcopenia, término que denota los cambios del envejecimiento y afecta directamente en la estructura y la función del músculo esquelético. Según Somoza et al. (2018) mencionan que esta pérdida de masa muscular es universal, es decir, ocurre siempre con el paso de los años y es inevitable. El músculo sarcopénico puede presentar tamaños y volúmenes reducidos, presenta una mayor infiltración de grasa y una menor fuerza de contracción, incluso en personas adultas físicamente activas que realizan una actividad deportiva intensa.

Todos los músculos del organismo, especialmente los del tronco y los del miembro inferior, se atrofian a largo plazo, provocando dificultades del tono muscular y una pérdida de fuerza generando problemas en la movilidad y actividades de la vida diaria, obesidad, riesgo cardiometabólicos y disminución aeróbica (Vandervoort, 2002; Jaeger, 2018).

La atrofia de las fibras musculares en particular de tipo II (fibras rápidas) causada por la vejez, siendo estas responsables del desarrollo de una fuerza inmediata pero rápidamente agotable y la sustitución de la masa muscular proteica por tejido graso y, en menor grado conjuntivo. No obstante, el declive de este efecto se debe al sedentarismo (Cherin, 2009).

Además, se ha asociado la disminución de la masa muscular con estilos de vida sedentarios en adultos. Por lo tanto, el incremento de masa muscular y de fuerza obtenido mediante la práctica de actividad física puede reducir el riesgo de desarrollar enfermedades músculo esqueléticas, lo que a su vez mejora la calidad de vida de la persona (Martínez et al., 2010).

Varios estudios han demostrado que las personas adultas mayores de 70 años y frágiles pueden aumentar su masa muscular, potencia y fuerza muscular mediante el entrenamiento de fuerza. Esto mejora los parámetros del síndrome de fragilidad, como la marcha y el tiempo que se tarda en levantarse y sentarse en una silla (Liu y Latham, 2009).

El aumento de fuerza debido al entrenamiento se relaciona en las primeras semanas con una adaptación en el sistema nervioso central. Esto puede ser a través de una activación de la musculatura agonista o modificaciones en la musculatura antagonista. A partir de la semana 6-7, la hipertrofia muscular se vuelve evidente (Casas e Izquierdo, 2012).

Los adultos mayores pueden aumentar los niveles de fuerza muscular después de participar en un programa sistemático de entrenamiento de fuerza máxima. Esto siempre y cuando se tome en cuenta la intensidad y que la duración del periodo de entrenamiento sea suficiente (Pedersen y Saltin, 2006).

La capacidad motora en el adulto mayor puede verse severamente afectada por la falta acelerada de ejercicio físico. Sin embargo, mantener y mejorar sus capacidades motoras a través de programas de acondicionamiento puede retrasar el envejecimiento y aumentar su calidad de vida. Se ha demostrado que las personas que realizan actividad física con frecuencia mejoran sus capacidades motoras (Vaca et al., 2017). En la tabla 2 se presenta un resumen de las adaptaciones al envejecimiento y ejercicio físico sobre la fuerza.

Tabla 3. Efectos del envejecimiento y ejercicio físico sobre la fuerza

Variable física o fisiológica	Efecto del envejecimiento	Efecto del entrenamiento de fuerza
Fuerza muscular	Disminución	Aumento
Potencia muscular	Disminución	Aumento
Resistencia muscular	Disminución	Aumento
Masa muscular	Disminución	Aumento
Tamaño de las fibras musculares	Disminución	Aumento
Capacidad metabólica muscular	Disminución	Aumento
Índice metabólico en reposo	Disminución	Aumento
Grasa corporal	Aumento	Disminución
Densidad mineral ósea	Disminución	Aumento
Capacidad funcional	Disminución	Aumento

Adaptado de ``Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico por (Haff y Triplett, 2017)

2.1.1.3.2 La potencia muscular en la tercera edad

En los últimos años, se ha prestado más atención a las pérdidas por envejecimiento en los niveles de potencia muscular. Por ese motivo, los especialistas en fuerza y acondicionamiento físico deben dominar un solo concepto de potencia para evitar cualquier ambigüedad. Aunque el término “fuerza” se relaciona con frecuencia con velocidades bajas y la palabra “potencia” con velocidades altas de movimientos, ambas variables representan la capacidad de ejercer una fuerza a una velocidad dada. Por lo tanto, la potencia, como una función matemática asociada de la fuerza y la velocidad, se puede calcular siempre que se presenten ambas variables de fuerza-velocidad. Dicho de otra manera, si una persona genera un nivel alto de fuerza o potencia a una velocidad de movimiento dada, se está comprendiendo precisamente la misma capacidad; es decir, la capacidad de acelerar una masa a una velocidad concreta. Por tanto, asociar fuerza con una velocidad baja y potencia con una velocidad alta no es acertado. La fuerza es la capacidad de ejercer fuerza a

cualquier velocidad, y la potencia es el producto matemático de la fuerza y velocidad a cualquier velocidad (Haff y Triplett, 2017).

La disminución de potencia muscular correlacionada con la edad se muestra similar tanto en hombres como en mujeres, esto pese a que la masa muscular y fuerza tienen una pérdida acelerada. Así mismo, existe una mayor probabilidad de que sufran discapacidad con anterioridad (Degens, 2019; Juevas, 2020).

Los autores Azzolino et al. (2021) e Izquierdo (2014) describe el efecto de la fuerza y potencia muscular con la edad, donde existe un claro deterioro progresivo de masa muscular relacionándola con la sarcopenia en la cual se pierde especialmente fibras musculares tipo II, que son fibras rápidas que nos ayudan a realizar la contracción de los músculos. Las personas adultas sarcopénicas son más débiles que las personas con masa muscular normal (Somoza et al., 2018). Los factores internos que influyen en la pérdida de potencia muscular en adultos mayores son causados por aumentos en la infiltración de grasa muscular, cambios en la función neuromuscular, arquitectura muscular, alteraciones en el estado hormonal, síntesis de proteínas y mediadores inflamatorios (Aagaard et al., 2010; Reid y Fielding, 2012).

La pérdida de fuerza y potencia en los músculos afecta directamente en los miembros inferiores y los cambios producidos a nivel vestibular los cuales se han identificado como cambios importantes en la pérdida de agilidad, equilibrio y control postural en el adulto mayor. De acuerdo a lo anterior es recomendado el trabajo de fuerza muscular con énfasis en altas velocidades dirigido a mejorar la potencia muscular. De ello resulta necesario admitir el mantenimiento de la estimulación muscular durante todas las etapas de la vida, y en especial en esta etapa (Cadore et al., 2014; Medina, 2016).

En los hallazgos de la revisión de Antelo et al. (2021) lograron establecer que la potencia muscular es el mejor predictor de la capacidad funcional en adultos mayores, inclusive sobre la fuerza muscular. Dado que la potencia disminuye más rápido forma un marcador temprano de independencia funcional.

2.1.1.3.3 La capacidad aeróbica en la tercera edad

La capacidad aeróbica disminuye funcionalmente, siendo una de las que más lentamente involucionan junto con la fuerza y la flexibilidad. Por otro lado, la agilidad y el equilibrio son las que más rápido lo hacen.

Loza (2019) define la capacidad aeróbica como la habilidad para sobrellevar ejercicios físicos con un alto nivel de intensidad cardiopulmonar. Esta se mide por el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$). El $VO_2\text{máx}$ es un concepto clásico que determina la capacidad del corazón, pulmones y sistema circulatorio para suministrar oxígeno adecuado a las mitocondrias. Esto permite aprovechar el aporte de oxígeno en la producción de energía y nutrientes de manera eficiente para los músculos activos.

El $VO_2\text{máx}$ es el principal indicador de la capacidad funcional y está determinado por la capacidad cardiopulmonar para proporcionar la cantidad adecuada de sangre oxigenada a las fibras musculares activas. Esto se representa en el gasto cardíaco máximo ($Q\text{máx}$) y en la capacidad del músculo activo de absorber el oxígeno de la sangre, que se manifiesta por la diferencia arteriovenosa de oxígeno. Por consiguiente, el declive del $VO_2\text{máx}$ podría ser una consecuencia del gasto cardíaco (Mor, 2015; Cuéllar, 2016). Por lo general, en los adultos mayores se consigue por medio

de pruebas de esfuerzo submáximas donde se obtienen valores altos de VO₂, frecuencia cardiaca y otras variables (Loza, 2019).

En la segunda década de vida se obtiene la mayor capacidad aeróbica y a partir de esa época se ve afectada paulatinamente. No obstante, el entrenamiento aeróbico supervisado logra mantener las condiciones idóneas que permiten el desempeño de las actividades cotidianas de las personas.

La manifestación principal de resistencia no solo sirve para contrarrestar la disminución en el volumen de formación de proteínas musculares asociado con el envejecimiento, sino que además aumenta la esperanza de vida en 2-3 años.

2.1.1.3.4 La composición corporal en la tercera edad

Las mediciones de la composición corporal son técnicas precisas que tienen el propósito de conocer el estado nutricional de un individuo. Además, los resultados son de interés para nutricionistas, profesionales de la salud y especialistas del deporte. Este método nos proporciona información la capacidad funcional del cuerpo humano y es útil en nutrición para describir el desarrollo desde el nacimiento hasta la edad adulta y para comprender el origen de la enfermedad y salud, en las propuestas nutricionales y en el seguimiento de las intervenciones de ejercicio físico y terapéuticas (Kuriyan, 2018).

El cuerpo humano se compone de varios componentes y se organiza en cinco niveles, jerarquizados según su connotación biológica: el nivel atómico, el molecular, el celular, el tisular y el global (Moreira et al., 2015).

A nivel anatómico, la masa corporal se compone principalmente de once elementos químicos: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloruro y magnesio. A nivel molecular, la composición corporal se divide en seis componentes: lípidos, proteínas, carbohidratos, minerales óseos, minerales no óseos y agua. A nivel celular, se distinguen tres compartimentos: las células, los líquidos extracelulares y los sólidos extracelulares (Moreira et al., 2015).

El nivel tisular de la composición corporal consta de cinco componentes: tejido adiposo, tejido muscular, tejido óseo, órganos y tejido residual. Finalmente, a nivel global, el cuerpo se puede fraccionar en medidas como la talla, el índice de masa corporal (IMC), la superficie corporal y la densidad corporal (Moreira et al., 2015).

La composición corporal experimenta una serie de cambios con el envejecimiento debido a múltiples factores como cambios hormonales, cambios en el sistema inflamatorio o el estilo de vida entre otros. En consecuencia, ya sea por factores patológicos o genéticos relacionados con el paso del tiempo, las variaciones en la composición corporal entre individuos pueden influir en la disminución de la masa muscular o el incremento de la masa grasa. Por este motivo, la vejez causa una disminución de los niveles de hormonas como la hormona del crecimiento andrógenos y estrógenos hecho que puede vincularse con la aparición de sarcopenia (Lima et al., 2019; Jueas 2020).

Los cambios en las variables antropométricas y la composición corporal debido al ejercicio físico están condicionados por diversas características individuales y por el tipo de ejercicio físico que se realice. Por lo tanto, los adultos mayores sedentarios tienden a tener mayor masa grasa y peso que los físicamente activos. Esto conduce a una deceleración del metabolismo basal sumado al insuficiente gasto energético fruto de la poca o nula actividad física aumentando el peso y la

masa grasa durante la primera etapa del envejecimiento (Bianco 2011; Huang et al., 2013; Cobos, 2013).

La pérdida de calidad de la masa magra se produce fundamentalmente por la disminución del número y tamaño de fibras musculares. Además, el envejecimiento conlleva una pérdida en masa ósea (osteopenia) que contribuye a la fragilidad musculoesquelética y un deficiente control del equilibrio en la población adulta mayor. Estos cambios inevitables tienen origen en la matriz del tejido óseo por tanto la calidad del tejido queda expuesta dicha fragilidad (Burr 2019; Navalón 2020). Con el paso del tiempo, el sistema esquelético sufre cambios estructurales como la desmineralización ósea que se atribuye a la reducción de la anchura de las vértebras y a la deformación de los huesos de las extremidades inferiores.

2.2. Síndrome metabólico

El Síndrome Metabólico (SM) es una patología que se identificó hace mucho tiempo. No se trata solo de una enfermedad, sino que abarca varios problemas de salud que pueden aparecer de manera repentina, lenta y progresiva, dependiendo del individuo, la predisposición genética, los factores ambientales y el estilo de vida. En la actualidad, el SM ha adquirido gran importancia debido a su elevada prevalencia y se ha convertido en un referente necesario para los profesionales de la salud. Por lo tanto, es un valioso campo de estudio para evaluar el riesgo cardiovascular y la diabetes (Lizarzaburu, 2013).

A medida que las personas envejecen, aumenta la posibilidad de adquirir el Síndrome Metabólico. Por lo tanto, en la mayoría de los estudios realizados en la etapa senil, entre los 60-70 años es donde se concentra el mayor número de personas afectadas (Cobos, 2013).

La definición del Síndrome Metabólico (SM) ha generado controversia durante décadas y ha ocasionado cierto caos en el mundo científico. Sin embargo, en el siguiente apartado se describen definiciones básicas actualizadas en la sociedad médica.

2.2.1 Definición

El autor Nilsson et al., 2019, citando el diccionario de medicina de Dorland describe la palabra 'síndrome' tiene su origen del griego 'σύνδρομον' con la definición de coexistencia. En el área médica se usa para describir un conjunto de signos y síntomas que de una manera y otras están correlacionados con una determinada enfermedad.

Los estudios recientes, en conjunto con federaciones internacionales y la última actualización del Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol (NCEP) en 2022, definen el síndrome metabólico como “un grupo de afecciones que, en conjunto, aumentan el riesgo de enfermedad coronaria, diabetes, accidente cerebrovascular (ACV) y otros problemas de salud graves”. El síndrome metabólico (SM), también conocido como síndrome X, síndrome plurimetabólico o síndrome de Reaven, es un conjunto de alteraciones que afectan el metabolismo. Esto se debe a la resistencia a la insulina producida por el aumento de los ácidos grasos libres como resultado del sobrepeso y la obesidad. De esta manera, produce alteraciones en la función

de la glucosa, tanto en su utilización a nivel celular como en su producción hepática (Mariscal, 2018; Cobos, 2013).

Las afecciones que producen alteraciones son: cintura grande, presión arterial alta, niveles altos de azúcar en la sangre, triglicéridos altos en la sangre y colesterol HDL bajo, a veces llamado colesterol bueno (NCEP, 2022). Esta asociación de afecciones aumenta el riesgo de padecer una enfermedad vascular, desarrollo de arterioesclerosis y diabetes mellitus tipo 2.

2.2.2 Patologías relacionadas

La fisiopatología del Síndrome Metabólico (SM) aún no es totalmente clara. Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en establecer tres categorías etiológicas potenciales para el síndrome metabólico: resistencia a la insulina, obesidad abdominal y factores genéticos y ambientales (Nilsson et al., 2019).

La diabetes tipo II es una enfermedad progresiva que aumenta el riesgo de infarto de miocardio, accidentes cardiovasculares (ACV) y otros eventos microcelulares. La resistencia a la insulina se define como una disminución de la capacidad de la hormona insulina para generar sus acciones biológicas en los tejidos sensibles, principalmente en el músculo, tejido adiposo e hígado. Esto puede dañar los vasos sanguíneos y aumentar el riesgo de tener coágulos sanguíneos. Los coágulos de sangre pueden causar enfermedades cardíacas (Cobos, 2013; Mariscal, 2018; NCEP, 2022).

La tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares ha ido en aumento en todo el mundo en la última década. Solo en 2012, se registraron 17.5 millones de personas que murieron

a causa de ella, representando un 31% de todas las muertes registradas (OMS, 2021). Esta afección de la elevación de la presión sanguínea afecta a múltiples componentes vasculares, como los vasos sanguíneos, cerebro y corazón (Cobos, 2013).

La presión arterial alta se asocia con la obesidad y con la intolerancia a la glucosa. Esto se ve con frecuencia en personas con resistencia a la insulina. En consecuencia, la relación con niveles altos de glucosa incrementa el riesgo de hipertensión futura. Este factor de riesgo es muy común en personas mayores de 65 años, afectando al 50% de toda la población (Villareal et al., 2017; Moreno, 2014).

Por último, la alteración de la obesidad o también llamada obesidad abdominal “tener forma de manzana” se define como el aumento desproporcionado de las reservas del tejido adiposo debido al almacenamiento excesivo de energía sobrante de grasa. Según los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), el sobrepeso está determinado por un $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ y la obesidad como un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$. La obesidad central se mide mediante el perímetro de cintura, tomando en cuenta valores normales de circunferencia de hasta 102 cm en hombres y 88 cm en mujeres. Autores como Laclaustra et al. (2005) consideran que el almacenamiento disfuncional de energía del obeso es el punto clave para el desarrollo del síndrome metabólico.

2.3 Envejecimiento y calidad de vida relacionada con la salud

El concepto de calidad de vida ha experimentado cambios significativos, adquiriendo mayor relevancia e interés en los servicios sociales, la investigación, los centros educativos y el

área de salud durante las últimas tres décadas. Estos esfuerzos y desarrollos han permitido una evolución más precisa, sensible y clara del concepto de calidad de vida, lo que ha llevado a un cambio social y organizacional muy importante. Hoy en día, la búsqueda de calidad de vida es un propósito fundamental compartido por miembros de servicios gubernamentales, profesionales, organizaciones y políticos que trabajan para obtener servicios valorados que mejoren su calidad de vida (Sánchez, 2019; Moreno, 2014).

A raíz del desarrollo y mejora en la calidad de vida y debido en gran medida al vínculo tan importante con ella en los años noventa, se creó el concepto de calidad de vida relacionada con la salud. Este se define como el valor asignado a la duración de la vida modulado por limitaciones, capacidad funcional, percepciones y oportunidades sociales que están vinculadas a enfermedades, lesiones, caídas, tratamientos y políticas de salud (Pinedo, 2016; Paterne et al., 2012).

Por otro lado, Aponte (2015) define la calidad de vida como “un constructo complejo y multifactorial donde se acepta que existe una dualidad subjetiva-objetiva; la primera se refiere al concepto de bienestar o satisfacción con la vida a lo que se denomina felicidad, sentimiento de satisfacción y estado de ánimo positivo; y la segunda está relacionada con aspectos del funcionamiento social, físico y psíquico. La interacción entre ambas es lo que determina la calidad de vida o ‘estado de bienestar’”.

Autores como Blanco, (2018) y, María y Lázaro (2008) definen la calidad de vida como la “percepción de un individuo de su posición en la vida, dentro del contexto cultural y del sistema de valores en el que vive, y en relación con sus metas, expectativas, estándares e inquietudes. Es un concepto amplio que incorpora de manera compleja la salud física, el estado psicológico, el nivel de independencia, las relaciones sociales y personales, así como las creencias y rasgos dominantes en su entorno de calidad de vida”.

Si se desea que el envejecimiento sea una experiencia positiva que conduzca a una vida más larga, debe ir acompañado de oportunidades continuas en campañas de salud, participación ciudadana y seguridad social. En esta etapa de la vida juegan un papel fundamental los círculos sociales, laborales, comunitarios y familiares. Asimismo, la interdependencia y la solidaridad intergeneracional son principios importantes del envejecimiento activo (Landinez et al., 2012).

La Organización Mundial de la Salud enfatiza la importancia del envejecimiento activo considerando a los adultos mayores como un recurso humano valioso que debe ser aprovechado. Aspira a una vida larga y cómoda en sus hogares con total seguridad durante el mayor tiempo posible. Por lo tanto, se define el concepto de envejecimiento activo como el proceso para optimizar las oportunidades para una vida saludable y mejorar la calidad de vida. Para alcanzar este objetivo, el ejercicio físico y sus beneficios son herramientas ideales para todas las personas a medida que envejecen incluyendo aquellas frágiles o con discapacidad o que necesitan asistencia (Carrera, 2019; Quino Ávila et al., 2017; Landinez et al., 2012).

2.3.1 El ejercicio físico como medio para mejorar la calidad de vida en la tercera edad.

La relación entre la calidad de vida y la práctica del ejercicio físico ha sido previamente abordada en la literatura científica. Sin embargo, es importante profundizar en las investigaciones para entender tanto las características de esta relación como la forma en que influye. Se ha vinculado estrechamente la práctica de ejercicio físico por parte de las personas mayores de 65 años con una mayor calidad de vida (Sánchez, 2015).

La capacidad funcional y la composición corporal disminuyen con la edad avanzada, y una reducción en el volumen e intensidad del ejercicio físico puede resultar en un aumento del riesgo de enfermedades crónicas. Los cambios principales asociados con la vejez pueden mitigarse a través del ejercicio físico, el cual tiene un impacto significativo en la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad (Sánchez, 2015).

La realización de una dosis adecuada de ejercicio físico está directamente vinculada con la felicidad de las personas mayores de 65 años. La actividad física a lo largo del ciclo evolutivo se asocia con mayores niveles de felicidad en los adultos. Además, la cantidad correcta de ejercicio físico puede tener un impacto positivo en la percepción de las relaciones interpersonales (Sánchez, 2015).

El ejercicio físico es un hábito adaptativo que puede revertir relativamente la pérdida muscular en adultos mayores, mejorar el organismo en general y consecuentemente aumentar una vida funcional independiente (Montero-Fernandez y Serra, 2013).

Medina (2016) reafirma que el ejercicio físico como medio preventivo tiene una relación íntima con la obtención de calidad de vida. Es decir, si se desea tener adultos mayores sanos y funcionales en el futuro, es indispensable que comiencen una vida activa con programas de ejercicio físico estructurados y orientados hacia la fuerza, potencia muscular y equilibrio.

2.3.2 Beneficios del ejercicio físico

En este apartado, se describen los beneficios inmediatos y a largo plazo del ejercicio físico en el adulto mayor, que contribuyen a mantener e incluso mejorar su funcionalidad durante un

tiempo prolongado. Un gran número de estudios científicos señalan que el ejercicio regular puede ser considerado como una verdadera terapia que combate las inevitables consecuencias del proceso de envejecimiento, independientemente de la edad y capacidades del individuo. La práctica regular de ejercicio físico previene la aparición de enfermedades crónicas y fomenta la vida independiente (Bellido, 2018; Landinez et al., 2012; Villanueva y Fernández, 2005). Por lo tanto, los beneficios no son solo fisiológicos, sino también psicológicos y sociales, como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Beneficios del ejercicios fisico en el área psicologica y social

Área	Beneficios
Psicologica	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor calidad de vida • Mejor salud mental • Más energía y menos estrés • Vida más independiente • Disminuir la ansiedad, el insomnio y la depresión
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la capacidad para el autocuidado. • Favorecer la integración del esquema corporal. • Propiciar bienestar general. • Conservar más ágiles y atentos nuestros sentidos. • Facilitar las relaciones intergeneracionales. • Aumentar los contactos sociales y la participación social. • Inducir cambios positivos en el estilo de vida de los adultos mayores. • Incrementar la calidad del sueño. • Reforzar la actividad intelectual, gracias a la buena oxigenación cerebral. • Contribuir en gran manera al equilibrio psico afectivo.

Adaptado. Bellido, (2018).

El ejercicio físico mejora los aspectos psicológicos y sociales, incrementa la confianza y estabilidad emocional, mantiene la independencia y el autocontrol. La práctica del ejercicio físico aumenta los niveles de noradrenalina y serotonina, lo que genera un estado emocional estable, reduce los estados depresivos, favorece el sueño y mejora los estados de insomnio. El flujo de

sangre al cerebro mejora, lo que resulta en células cerebrales mejor oxigenadas y alimentadas, contribuyendo a su salud (García, 2010).

En el aspecto fisiológico, se considera que el ejercicio físico es una de las estrategias con las que cuenta el adulto mayor para disminuir factores de riesgo, mejorar el estilo de vida y, como resultado, gozar de un envejecimiento exitoso. Por consiguiente, se presenta la Tabla 5 que ilustra los beneficios de la realización de ejercicio durante el envejecimiento.

Tabla 5. Beneficios del ejercicio físico en relación con las fisiopatologías principales.

Fisiopatología	Beneficios del ejercicio físico
Sistema músculo esquelético	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la densidad mineral en los adolescentes, su mantenimiento en los adultos jóvenes y retardo de su declinación en los adultos mayores. • Retardo de la progresión de la osteoporosis, aunque no revierte la pérdida avanzada de hueso. • Retraso de la osteoartritis. • Beneficio específico del ejercicio de alto impacto en el hueso. • Reducción del riesgo de discapacidad funcional en los adultos mayores. • Mejora de la fuerza y la flexibilidad. • Aumento del equilibrio, la movilidad, y el desempeño físico funcional.
A nivel de la capacidad funcional	
	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el riesgo de caídas debido a un aumento de la fuerza, la flexibilidad y el equilibrio. • Reducir el riesgo de fracturas. • Facilitar la rehabilitación de enfermedades agudas y crónicas. • Disminuir el tiempo de reacción, manteniendo la perfusión cerebral y la cognición.
Sistema Cardiovascular	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir los accidentes cerebrovasculares. • Contribuir al tratamiento de la enfermedad vascular periférica. • Disminuir el sedentarismo y la baja aptitud física, los cuales constituyen los principales factores de riesgo para la enfermedad coronaria en hombres y mujeres. • Disminuir el riesgo de morir por enfermedad coronaria comparadas con las personas fumadoras.
En personas con diabetes	
	<ul style="list-style-type: none"> • La actividad física regular ayuda al mejor control de los niveles de glucosa. • Minimiza el factor de riesgo para desarrollar DM2. La práctica de ejercicio o actividad física regular genera un bienestar psicológico al reducir la ansiedad y mejorar la autopercepción, igualmente ayuda a aliviar el estrés y mejora el sueño.

Adaptado. Landinez et al., (2012).

Durante el envejecimiento, se observa una disminución del 20 al 40% en el músculo y la fuerza. Sin embargo, pequeños cambios en el tamaño de los músculos pueden resultar en grandes ganancias en fortaleza, incluso para aquellos que ya han experimentado una pérdida muscular significativa. Estos cambios pueden incluir hipertrofia muscular, aumento de mioglobina, mejor capitalización del músculo, menor flujo sanguíneo, aumento de las mitocondrias y las enzimas involucradas en el metabolismo. Además, estos cambios pueden prevenir la pérdida ósea, mejorar la potencia muscular y aumentar la capacidad funcional para evitar la dependencia. También pueden mejorar los parámetros de fragilidad, como la velocidad de la marcha o la capacidad de levantarse y sentarse en una silla (Liu y Latham, 2009).

En el sistema cardiorrespiratorio, se observan beneficios significativos como un incremento del 10 al 30% en el VO₂máx como resultado de una buena adaptación cardiovascular al entrenamiento aeróbico. En los adultos mayores, se observa un aumento del volumen respiratorio que puede disminuir la frecuencia respiratoria para una misma actividad. En pacientes con historial clínico de EPOC, se pueden observar mejoras en la captación de O₂ (Bellido, 2018).

A nivel cardiovascular, el ejercicio previene alteraciones que contribuyen a un riesgo de mortalidad originado por aterosclerosis. También previene factores asociados a enfermedades vasculares como niveles altos de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad (colesterol LDL), bajos niveles de lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL), hipertensión arterial (TA), diabetes y obesidad. Además, contribuye al tratamiento y recuperación de personas diagnosticadas con enfermedades cardiovasculares (García, 2010).

Entre otros efectos fisiológicos beneficiosos en pacientes diagnosticados con DM2, se encuentra la mejora del metabolismo de la glucosa y la insulina. Esto resulta en mejoras positivas

en la captación y utilización de glucosa por parte de las células del organismo. Estas mejoras se reflejan durante y después del ejercicio físico (Loza, 2019).

2.4 Prescripción del ejercicio físico

Los principios generales para la prescripción del ejercicio físico se basan en el diseño de un programa de ejercicio que sea programado, estructurado y definido con objetivos concretos. Este concepto se define como el proceso mediante el cual se recomienda un régimen de ejercicio físico de manera sistemática e individualizada, teniendo en cuenta las necesidades de salud, los intereses y motivaciones, y el estado clínico del individuo (Garatachea y Aznar, 2011).

Para lograr adaptaciones fisiológicas que tengan efectos positivos sobre la salud, es necesario utilizar el entrenamiento de las capacidades físicas básicas: resistencia, fuerza, flexibilidad y velocidad. Esto, junto con el control de la composición corporal, puede ayudar a reducir los factores de riesgo de padecer enfermedades crónicas (Valdés, 2020).

Rodríguez et al. (2013) establecen recomendaciones sobre los niveles mínimos de ejercicio físico que pueden ayudar a disminuir las probabilidades de sufrir múltiples enfermedades. Estas pautas son establecidas por especialistas médicos y proporcionan recomendaciones claras para supervisar el programa de entrenamiento en diversos grupos.

Para alcanzar los objetivos estimados de la sesión de entrenamiento, es necesario seguir una serie de fundamentos básicos que se alineen con una planificación adecuada. En particular, la dosis propuesta dependerá de varios factores relacionados con los principios del entrenamiento, como el tipo de ejercicio, la intensidad, la duración (tiempo), la frecuencia y la densidad.

2.4.1 Tipo de ejercicio

El tipo de ejercicio que se seleccionará estará completamente ligado a los componentes de la aptitud física que se quiere desarrollar, además de las capacidades y limitaciones del practicante. También se debe considerar el tiempo que tenga disponible y el equipo e instalaciones físicas de las que disponga. En resumen, para seleccionar el tipo de ejercicio para los participantes, es importante primero indagar los intereses de éstos (Lopategui, 2013).

2.4.2 Intensidad del ejercicio

La intensidad se define como el grado de esfuerzo que un ejercicio exige y se mide en porcentaje de la capacidad máxima. Al determinar la intensidad, se sugieren algunas recomendaciones, tales como: debe ser calculada individualmente, necesita ser supervisada adecuadamente y se debe tener en cuenta que en personas sedentarias la intensidad es menor (Bayego et al., 2012).

En el entrenamiento de fuerza con adultos mayores, la intensidad debe variar a lo largo del programa para evitar la posibilidad de sobreentrenamiento y mantener un progreso ordenado durante el periodo de entrenamiento (Haff y Triplett, 2017).

2.4.3 Duración del ejercicio

La duración se define como el número de minutos por sesión (Alemán et al., 2014). El ACSM (2014) recomienda que, como objetivo mínimo, se practique ejercicio físico durante 30 minutos de intensidad moderada en una sola sesión o en periodos de al menos 10 minutos.

2.4.4 Volumen del ejercicio

La medida cuantitativa de las cargas de entrenamiento de diferente orientación funcional que se desarrollan en una unidad o etapa de entrenamiento es una variable importante. Esta engloba la duración (tiempo), la distancia y el número de repeticiones de un ejercicio. Se considera como uno de los componentes más influyentes para el logro de los resultados técnicos, tácticos y físicos (Alemán et al., 2014).

2.4.5 Frecuencia del ejercicio

La frecuencia se define como la cantidad de días o semanas en las que se realiza el entrenamiento. Esta dependerá de la intensidad del ejercicio. En general, se recomienda una frecuencia de entrenamiento de 3 a 5 días por semana. Se pueden realizar 5 sesiones o más de intensidad moderada o 3 sesiones de alta intensidad (Haskell et al., 2007). Sin embargo, para las poblaciones mayores, se recomienda una frecuencia de entrenamiento de dos días por semana, al menos durante la etapa de adaptación.

2.4.6 Densidad del ejercicio

La densidad se define como la relación entre la duración del esfuerzo y la pausa de recuperación. Cuanto más rápido sucedan los estímulos, mayor será la densidad y viceversa. El descanso puede tener dos funciones en el proceso de adaptación del organismo: reducir el cansancio y llevar a cabo procesos de adaptación (Navarro et al., 2014).

Las recomendaciones del ACSM (2014) para las personas mayores, considerando la intensidad, duración y tipo de actividad física, son las siguientes:

1. Los adultos mayores deberían acumular un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física aeróbica moderada, o bien no menos de 75 minutos semanales de actividad aeróbica vigorosa, o una combinación equivalente de actividad moderada y vigorosa.
2. La actividad aeróbica se desarrollará en sesiones de 10 minutos como mínimo.
3. Para obtener aún mayores beneficios, los adultos de este grupo de edades deberían aumentar hasta 300 minutos semanales su actividad física mediante ejercicios aeróbicos de intensidad vigorosa, o una combinación equivalente de actividad física moderada y vigorosa.
4. Los adultos mayores con dificultades de movilidad deberían dedicar tres o más días a la semana a realizar actividades físicas para mejorar su equilibrio y evitar caídas.
5. Deberían realizarse actividades de fortalecimiento muscular de los grandes grupos musculares dos o más veces a la semana.

6. Cuando los adultos de este grupo no puedan realizar la actividad física recomendada debido a su estado de salud, deberían mantenerse activos hasta donde les sea posible y les permita su salud.

2.4.7 Programas de entrenamiento de fuerza

El entrenamiento de fuerza es un medio considerable para la atención al adulto mayor. La efectividad y resultado de un entrenamiento de fuerza dependen de variables principales, teniendo en cuenta las actividades propuestas e idóneas para alcanzar las metas, cargas programadas (series por repeticiones), frecuencia y densidad (Orquín et al., 2009; Bottaro et al., 2011). Todos los programas de entrenamiento inducen mejoras de la fuerza máxima, hipertrofia o potencia muscular. Sin embargo, las combinaciones de la tipología de la fuerza (isocinético, resistencia o isoinercial) tendrán prioridad en la adaptación fisiológica (Casas e Izquierdo 2012).

Los resultados cada vez muestran mejores incrementos sobre la intervención del desarrollo de fuerza en adultos mayores y sus efectos son más destacados en el control del cuerpo para evitar las caídas (Cuéllar, 2016). Las personas de edad avanzada con riesgo de caídas obtienen adaptaciones en el organismo en respuesta al entrenamiento. Por lo tanto, Villanueva y Fernández (2005) sugieren dirigir las sesiones de entrenamiento en los grupos musculares más importantes para sobrellevar las actividades cotidianas, agregando ejercicios para la musculatura de los brazos, hombros, pectoral, espalda, caderas y piernas. Por otro lado, Juevas (2020) aconseja ejercer la estrategia de usar máquinas de sobrecarga y pesos libres para lograr resultados significativos. Los beneficios del ejercicio con pesas son importantes sobre las capacidades cognitivas, volitivas, mejora la salud general y bienestar (Padilla et al., 2014). Incluso, este tipo de ejercicio es

relativamente seguro para adultos mayores con múltiples comorbilidades (García-Unciti et al., 2012).

En revisiones sistemáticas se han encontrado variedad de programas de entrenamiento de fuerza controlado y supervisado pero el principal reto en este campo sería identificar las mejores recomendaciones para los adultos mayores e incrementar, en gran medida, la accesibilidad de técnicas y métodos seguros y eficientes en programas de entrenamiento de fuerza (Padilla et al., 2014).

Una persona con antecedentes en buena aptitud física necesitará un tipo de entrenamiento más vigoroso que aquella que sea inactiva. Por tanto, esa persona inactiva debe comenzar un programa de entrenamiento con cargas menores. Consideremos ahora que los programas de entrenamiento de fuerza suelen modificarse en función a las variables del entrenamiento como: la intensidad, repeticiones y series, así como la duración y la frecuencia según el propósito del entrenamiento (tabla 6).

Tabla 6. Efectos y ejemplos de dosis de entrenamiento recomendadas y posibles enfoques organizativos para diferentes formas de entrenamiento de fuerza para personas mayores.

Objetivos	Posibles efectos del entrenamiento	Dosificación	Posibles enfoques organizativos
Aumento de la fuerza muscular	Aumento de la masa muscular.	8-12 repeticiones por grupo muscular en el 70-85 % del máximo de una repetición, 3 series; 2-3 unidades de entrenamiento por semana; al menos 8-12 semanas.	Gimnasio; gimnasio, programa en el hogar, inicialmente bajo instrucción, más tarde de forma independiente.
	Entrenamiento de la coordinación intramuscular.	Hasta 8 repeticiones por grupo muscular con intensidades de más del 80% del máximo de una repetición; 3-5 series; 3 unidades de entrenamiento por semana; varias semanas.	Gimnasio; Gimnasio, programa en casa, bajo instrucción.
	Entrenamiento de la coordinación intermuscular.	Varias repeticiones; hasta unidades de entrenamiento diarias; Alta velocidad de movimiento, entre otros.	Entrenamiento en superficies irregulares con o sin pesos adicionales; bajo instrucción, más tarde de forma independiente.

Tabla 6. (continuación)

Reducción de la sarcopenia	Aumento de la masa muscular	8-12 repeticiones por grupo muscular en 60-80% del máximo de una repetición; 3 series, 3 unidades de entrenamiento por semana, al menos 8-12 semanas.	Gimnasio; gimnasio, programa en el hogar, inicialmente bajo instrucción, más tarde de forma independiente.
Adaptación de tendones y huesos	Aumento de la síntesis neta de colágeno; reducción de la pérdida de densidad ósea	Intensidades medias a altas (>60-80% del máximo de una repetición, >peso corporal); varias unidades de capacitación por semana; semanas a meses.	Gimnasio; gimnasio, bajo instrucción.
Prevención de caídas y lesiones	Optimización del control postural; Entrenamiento de la coordinación intermuscular	Varias repeticiones; hasta unidades de entrenamiento diarias; Alta velocidad de movimiento.	Entrenamiento en superficies irregulares con o sin pesos adicionales; bajo instrucción, más tarde de forma independiente.
	Entrenamiento de la coordinación intramuscular	Hasta 8 repeticiones por grupo muscular en intensidades de más del 80% del máximo de una repetición; 3-5 series; 3 unidades de entrenamiento por semana; varias semanas.	Gimnasio; Gimnasio, programa en casa, bajo instrucción.

Adaptado. (Mayer et al., 2011)

El entrenamiento de alta intensidad (>75% de la capacidad máxima) provoca un aumento significativo de la fuerza, superior al obtenido con entrenamientos de intensidad baja o moderada. En general, los beneficios observados son un aumento de la fuerza en más del 50%, y se espera que esto ocurra después de 6 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de 2 a 3 sesiones por semana. Sin embargo, Burgos (2006) señala que los efectos positivos pueden observarse después de solo 2 semanas de entrenamiento, aunque los resultados más confiables se obtienen a partir de la décima semana. A continuación, examinaremos brevemente las publicaciones científicas que han investigado los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza muscular en adultos mayores (ver tabla 7).

Tabla 7. Estudios que han evaluado y entrenado el efecto de la fuerza en adultos mayores

Autor	Sujeto			Programa de entrenamiento de fuerza					
	Genero	n	Duración (semanas)	Frecuencia (días/semana)	Intensidad	Regimen de entrenamiento	Movimiento/s (ejercicios)	Grupo/s muscular/es	Fuerza/potencia (% ganado)
Bezerra et al., (2018)	H/M	30	11	3	50%-62% de 12 RM	GE (1): 2 series, 12 reps. GE (2) 1 serie, 12 reps.	GE (1): PP y RS GE (2): PP y RS, CB y ET.	Pectorales, espalda, bíceps y tríceps	Aumento de la fuerza (p<0,001)
Pardo et al., (2019)	M	27	12	3	44%-54% de 1RM	Desarrollo de fuerza máxima. 3 series de 10 reps. Cada cuatro semanas se incrementó en un 10 % la carga.	LP y S J	Cuadriiceps, músculos posteriores del muslo y aductores.	Post entrenamiento, sin diferencia estadísticamente significativa.
dos Santos et al., (2018)	M	39	8	3	1 RM	Desarrollo de hipertrofia y fuerza: GE 1: 3 series: 12/10/8 reps. GE 2: 3 series de 15/10/5 reps.	PP, PHP, RS, ER, curl de bíceps, CP, ET y LP.	Cuadriiceps, musculos posteriores del musmo, trapecio, bíceps, tríceps y pantorrilla .	Ambas zonas de reps. en un sistema piramidal son estrategias efectivas para mejorar la fuerza muscular y el crecimiento muscular en mujeres mayores.
Ciolac et a., (2010)	M	33	13	2	60% de 1 RM	Desarrollo de fuerza y masa muscular: 2 series de 8-12 repeticiones y 30 a 60 segundos entre series.	PP, LP, RM , CP, PH, LP, ET y CB.	Pectorales, cuadriiceps,trapecio, hombros, gemelos, tríceps y bíceps.	La fuerza muscular absoluta después de la ET mejoró (p, 0,001).
Balachandran et al., (2014)	H	21	15	2	70% de 1 RM	3 series de 10-12 rep. usando 70% de su 1RM. Se proporcionó una recuperación de 1 a 2 min. entre series.	LP, ET, RS, PP, CB, CP, AC, LP y PH.	Cuadriiceps, gluteos, tríceps, supra e infraespinal, subescapular, pectorales, bíceps.	Mostraron un tamaño de efecto moderado (0.6, IC del 95% (-0.4, 1.6).
Strasser et al., (2009)	M/H	32	24	3	60-80% de 1RM	Desarrollo de hipertrofia y fuerza: de 3 a 6 series de 10 a 15 reps.	PP, CP, PH , CB, ET, ABS y LP.	Pectoral, hombros, trapecio, dorsal ancho, bíceps, tríceps, abdomen, cuádriceps y femoral.	Para el press de pierna 25% , para el press de banca 30%, para jalón al pecho y la masa corporal magra se incrementó en un 1,0 ± 0,5 kg.

Elaboración propia: H: hombre; M: mujer; %: porcentaje; 12 RM: 12 repeticiones meximas; reps: repeticiones; GE: grupo experimental; GC: grupo control; PP: press de pecho; RS: remo sentado; CB: curl de bíceps; ET: extensión de tríceps; (p<): prevalencia menor; 1 RM: una repeticion máxima; LP: prensa de pierna; S.J: squat jump; PHP: press horizontal de pierna; ER: extensión de rodilla; CP: curl de pierna; ET: empuje de tríceps; LP: levantamiento de pantorrilla; PH: press de hombros; min: minutos; AC: Aducción de cadera; (IC): intervalo de confianza; CP: cross de pecho; ABS: abdominales.

Estos estudios respaldan la hipótesis de que el entrenamiento de fuerza es una opción eficaz y segura para combatir las comorbilidades en adultos mayores. Por lo tanto, desde una perspectiva estratégica de prevención, es importante comunicar a la población adulta mayor la importancia de iniciar y mantener estos programas de ejercicio durante el mayor tiempo posible (Rolland et al., 2011; Padilla, 2014).

2.4.8 Programas de entrenamiento de potencia muscular

Las actividades cotidianas requieren cierto grado de producción de potencia, es decir, la capacidad de los músculos para generar energía rápidamente. Se ha demostrado que la potencia muscular se correlaciona positivamente con la capacidad de los adultos mayores para realizar de manera segura actividades básicas (Haff y Triplett, 2017). Además, la potencia puede ser un predictor más importante de la dependencia funcional que la fuerza muscular (Izquierdo et al., 2014; Degens et al., 2019).

Indudablemente, los estudios centrados en el trabajo de fuerza se enfocan en la potencia muscular, ya que muchos de los resultados obtenidos de este tipo de entrenamiento impactan en mejoras de la capacidad funcional del adulto mayor, con una alta correlación con el estado de salud (Cadore et al., 2014). El entrenamiento de la potencia muscular puede mejorarse mediante el entrenamiento al 60% de 1RM y con la máxima velocidad a esta carga de trabajo, con una progresión que estará entre el 33-60% de la velocidad máxima sin resistencia (Casas, 2012).

2.4.9 Programas de entrenamiento combinado en la tercera edad

Los efectos positivos del entrenamiento combinado en la salud de un adulto mayor se pueden lograr de manera más segura y eficiente cuando la intervención incluye más de un componente de la aptitud física, como la fuerza y la resistencia cardiovascular. Este entrenamiento combinado de ambas capacidades se conoce como programa combinado o concurrente, que permite desarrollar y mantener de manera individual las actividades cotidianas, proporcionando al adulto mayor la oportunidad de llevar un estilo de vida saludable y, por lo tanto, una mejor calidad de vida (Medrano, 2020).

Este tipo de programas que combinan fuerza y resistencia han recibido especial atención. Los resultados de estos estudios muestran que los programas de intervención de 10 a 12 semanas de duración, con una frecuencia de 2 a 3 sesiones y una intensidad de trabajo aeróbico del 60 al 100% del VO₂máx y a intensidades del 40 al 100% del trabajo de fuerza sobre 1RM, son efectivos. La mayoría de estas investigaciones indican que el nivel de mejora de la fuerza máxima en los miembros inferiores fue superior en los grupos que solo realizaban entrenamiento de fuerza máxima, en comparación con el grupo experimental que aplicaba ejercicios de fuerza y resistencia (Casas e Izquierdo; 2012; Padilla et al., 2014).

En esta modalidad de entrenamiento, cada capacidad se entrena de forma aislada, logrando así el propósito del entrenamiento dentro de cada sesión o a lo largo del microciclo del programa. Cadore et al. (2014) argumentan que combinar las capacidades de fuerza y resistencia es la intervención de ejercicio físico más efectiva para mejorar los componentes del sistema neuromuscular y cardiovascular. Esto ayuda a mantener la capacidad funcional e independencia del adulto mayor.

CAPITULO 3. MATERIAL Y MÉTODO

CAPITULO 3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Diseño experimental

Por medio de los objetivos de la investigación se creó un estudio experimental con una duración total de 12 semanas. El estudio experimental comenzó con la aplicación de carta consentimiento informado, mediciones antropométricas, mediciones de presión arterial y saturación de oxígeno, posteriormente se realizaron las pruebas de 1RM y potencia muscular. Los sujetos realizaron entrenamiento de fuerza y aeróbico durante 12 semanas (mayo-julio). Una segunda evaluación se llevó a cabo la última semana en cumplimiento del programa de entrenamiento combinado. El diseño experimental se muestra en la figura 1.

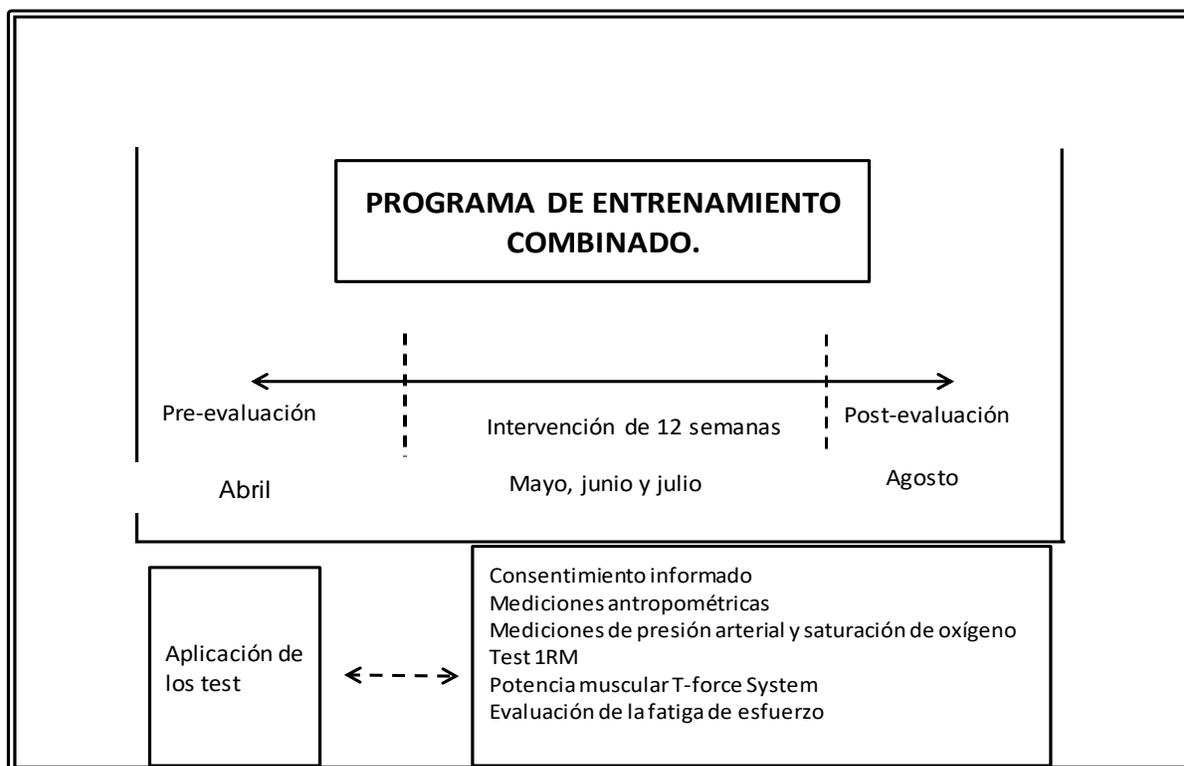


Figura 1. Diseño experimental. Programa de entrenamiento combinado y evaluación de laboratorio. Elaboración propia.

3.2 Diseño del estudio

Este estudio observacional se realizó siguiendo la Declaración de principios de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa (Culiacán, México) entre abril y agosto de 2019. El presente estudio tuvo un diseño experimental longitudinal, con muestra de dos grupos de acuerdo a su condición de salud que consistió inicialmente con un pre-test, una intervención de 12 semanas y un post-test de las variables del estudio.

3.3 Sujetos

Participaron inicialmente en el estudio 122 adultos mayores de acuerdo a su estado de salud y las variables al síndrome metabólico fueron jubilados de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). De estos sujetos que se registraron inicialmente 88 sujetos completaron la fase de intervención y fueron analizados. 34 sujetos fueron excluidos y no pudieron completar la fase de intervención. Finalmente, fueron analizados 32 sujetos en el grupo de adultos mayores con síndrome metabólico y 56 adultos mayores sin síndrome metabólico.

Todos los sujetos tenían que ser aptos dentro de los parámetros de evaluación médica, dicha valoración fue supervisada por médicos especialistas del Centro de Investigación y Docencia en Ciencias de la Salud (CIDOCS). Tras la información de los objetivos del programa de entrenamiento todos los adultos mayores de forma individualizada firmaron su carta de consentimiento informado.

3.4 Parámetros de clasificación de grupos

Para la clasificación de los sujetos con y sin presencia del síndrome metabólico; los participantes que tenían tres o más criterios del Panel para el Tratamiento del Adulto (ATP III), este panel desarrolló los criterios para el diagnóstico del síndrome metabólico que pertenece al Programa Nacional de Educación del Colesterol (NCEP) fueron considerados adultos mayores con síndrome metabólico, mientras que los adultos mayores con menos de estos criterios fueron asignados al grupo de adultos mayores sin síndrome metabólico.

Los criterios de la NCEP/ATP III fueron establecidos de acuerdo a los siguientes parámetros a) concentración de glucosa plasmática en ayunas ≥ 100 mg/dL DM2 diagnosticada previamente, b) presión arterial $\geq 130/85$ mmHg o tratamiento antihipertensivo, c) triglicéridos séricos (TG) ≥ 150 mg/dL; d) circunferencia de la cintura ≥ 90 cm para hombres y ≥ 80 cm para mujeres, e) colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL) ≤ 40 mg/dL para hombres y ≤ 50 mg/dL para mujeres). Para participar en el programa de ejercicio combinado los participantes tenían que tener un control metabólico de acuerdo al estado de salud de cada participante.

Como criterios de inclusión se consideraron los siguientes requisitos:

- Edades comprendidas de 62 a 75 años, de ambos géneros.
- Compromiso para la realización de un programa de entrenamiento de 12 semanas.
- No realizar ejercicio físico de manera regular, ni haber participado en un programa de entrenamiento los 6 meses anteriores.
- Autorización expedida por parte del CIDOCS para la realización de entrenamiento propuesto por el programa.
- Ser capaz de firmar una carta de consentimiento informado.

Como criterios de exclusión se consideraron los siguientes requisitos:

- Presencia de discapacidad visual, auditiva o cognitiva que dificultara la participación del programa.
- El consumo de medicación o ayudas ergogénicas que pudieran alterar significativamente los resultados de las variables.

- Los sujetos que tuvieran severas alteraciones musculo esqueléticas, CVD o contraindicaciones que les impidieran seguir el programa de ejercicio físico combinado.

3.5 Material

Para la aplicación de las pruebas se utilizaron los siguientes materiales:

A) toma de SatO₂, frecuencia cardiaca y presión arterial

- a) Oxímetro medidor de saturación de oxígeno modelo (FS10A).
- b) Tensiómetro de brazo automático modelo (microlife, modelo BP3AG1).

B) material empleado en la evaluación antropométrica

- a) Estadiómetro de pared modelo (Seca®213, German).
- b) Analizador de composición corporal (Inbody720, Biospace Co., Ltd., Korean, SK.).

A) material empleado para la evaluación del 1RM y potencia

- a) Máquina Peck deck, marca *Scom Line (PD-209)*.
- b) Máquina leg extension, marca *Scom Line (LE-209)*.
- c) Encoder lineal de la marca, *T-FORCE dynamic measurement System*.
- d) Software del *T-FORCE System*.
- e) Hojas de registro para 1RM.
- f) Hoja de registro Escala de percepción subjetiva del esfuerzo (OMNI-RES)

3.6 Procedimientos

3.6.1 Evaluación de salud médica y bioquímica

Todos los participantes se sometieron a un examen de salud previo a la participación y un examen médico físico para evaluar los criterios de inclusión y exclusión ya antes mencionado. Después de una noche de ayuno, se recolectó una muestra de sangre venosa antecubital en dos tubos sin aditivo, que se incubaron 30 min a temperatura ambiente y se centrifugaron a 3000rpm a 4 °C durante 10 min y se almacenaron a -80 °C. Los lípidos séricos (colesterol total y HDL, y triglicéridos) y la glucosa plasmática se midieron utilizando kits colorimétricos enzimáticos (HUMAN Diagnostics Worldwide; Wiesbaden, Alemania). El colesterol LDL se calculó utilizando una ecuación de Friedewald modificada $LDL = (noHDL - C) - (TG / factorajustable)$.

3.6.2 Evaluación de la presión arterial y composición corporal

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en reposo se registró mediante un monitor automático (Microlife, modelo BP3AG1), según una posición y un procedimiento estandarizados. Para la primera medición, los participantes debían tener un tiempo de descanso mínimo de 15 minutos después de llegar al laboratorio; se hicieron tres registros (con 2 minutos de diferencia). El valor más bajo fue considerado para la clasificación de hipertensión.

Posteriormente, se empleó la técnica de medición de talla en los adultos mayores. El estadiómetro se montó en la pared y tiene una medición de los 213 cm. Se solicitó a cada sujeto que se despojara de cualquier prenda o artículo del cabello, moños, trenzas o cualquier elemento

que pudiera modificar la estatura del evaluado. Después, cada sujeto se situaría en la base del estadiómetro, erguido y descalzo, con el peso del cuerpo distribuido uniformemente y con la espalda unida al estadiómetro. Una vez adoptada la postura correcta, cada participante realizó una inspiración profunda manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort (línea imaginaria que pasa por el borde inferior de la órbita ocular y por el punto más alto del conducto auditivo externo, paralela al suelo y perpendicular al eje longitudinal del cuerpo). En el momento de la espiración, se llevó cabo el registro, con la presión suficiente para comprimir el cabello. El peso corporal fue evaluado por medio de un analizador de composición corporal (Inbody 720). Obtenida la altura y el peso corporal, se calculó el IMC (kg/m^2) (OMS, 2021).

3.6.3 Evaluación de la fuerza máxima dinámica (1RM)

La evaluación de la fuerza muscular máxima dinámica fue determinada con el método de una repetición máxima (1RM). Debido a que los sujetos eran inexpertos en el entrenamiento con sobrecargas, se seleccionaron solo 2 ejercicios guiados en máquinas con el objetivo de evitar posibles movimientos potencialmente peligrosos para el organismo, disminuyendo así, el riesgo relativo de sufrir una lesión por sobreuso de una articulación o tejido corporal o por una mala ejecución de técnica. Las máquinas de musculación utilizadas para valorar la 1RM fueron Peck Deck y Leg Extensión para los grupos musculares de pectorales y extensores de las rodillas, respectivamente. A continuación, se muestran las máquinas utilizadas:



Imagen 1. Máquina de musculación Leg extension. Modelo, marca *Scom Line* (LE-209).



Imagen 2. Máquina Peck deck, marca *Scom Line* (PD-209).

3.6.3.1 Procedimiento para la evaluación de la fuerza máxima dinámica (1RM)

El test de fuerza se realizó antes de iniciar la intervención y al finalizar la misma, utilizando el método directo por aproximación para hallar el 1RM. Después de un breve calentamiento general de ejercicios calisténicos, se realizó un calentamiento específico en cada máquina de musculación de los músculos a valorar. Cada participante realizó una familiarización donde se les explicó la ejecución del movimiento sobre la máquina y cada uno realizó una primera serie con el menor peso posible haciendo 8 repeticiones mientras se ajustaba la técnica y se adecuaba en cada individuo. Posteriormente, se realizó un calentamiento específico entre el 40-50 % del peso corporal haciendo 6 repeticiones. Seguido a esto, los participantes iniciaron la prueba que consistió en aumentar de manera progresiva el peso, donde los participantes tenían que ejecutar una serie de 2 repeticiones lo más rápido posible en la fase de contracción concéntrica y en la fase de la contracción excéntrica de manera controlada y lenta (2s aproximadamente) para recuperar.

Al completar una serie, se les preguntaba sobre la percepción del esfuerzo percibido con la escala OMNI-RES y, de acuerdo a la percepción de cada participante, el evaluador incrementaba la carga hasta alcanzar el peso máximo en una única repetición (1RM). Los participantes realizaban un total de 5 series para lograr el 1RM, entre cada serie se realizaron incrementos del peso; en las primeras series incrementos entre 10 a 20 kg; y en las últimas 2 series incrementos entre 1 a 5 kg. de acuerdo a la percepción de cada sujeto.

3.6.4 Potencia muscular (T-Force System)

La prueba de potencia muscular se llevó a cabo tanto en Leg Extensión (LE) como en Peck Deck (PD) descritas anteriormente. La potencia muscular se determinó a través de un espectro de cinco cargas submáximas relativas a la fuerza máxima dinámica (1RM), es decir, cargas de pesas que proporcionan fuerzas de resistencia iguales al 40, 50, 60, 70 y 80 % de 1RM. Los sujetos tras haber completado la 1RM debían completar una serie de tres repeticiones con rango de movimiento completo de 90 a 180 grados de extensión para musculo de las articulaciones de rodillas y movimiento de flexión de brazos de 0 a 90 grados con articulación de codo a 90 grados (ver foto página 63).

Entre la valoración de 1 RM y la potencia muscular hubo un descanso mínimo de 15 minutos, y de 2 min entre cada serie. Se explicó a los sujetos que empujaran lo más rápido posible la carga en cada ejercicio durante la fase concéntrica mientras que la acción excéntrica se realizaba lentamente. La potencia máxima se calculó a partir de medidas electrónicas de fuerza, desplazamiento y velocidad utilizando un codificador lineal (Encoder lineal de la marca, T-FORCE dynamic measurement System). Se utilizó el software asociado (Software del T-FORCE System versión 3.7, Murcia, España). Para el análisis se utilizó la mejor marca de las tres repeticiones y se utilizaron los valores de potencia máxima. El orden de las cinco cargas utilizadas se aleatorizó dentro de los sujetos antes de la evaluación.

3.6.5 Percepción subjetiva de esfuerzo OMNI-RES (0-10)

Una vez terminada cada serie del 1RM durante la prueba pre-test y pos-test, se le pregunto al sujeto que tanto de esfuerzo percibía después de cada serie, teniendo como referencia la escala de percepción de esfuerzo, según el estudio de validación por Lagally y Robertson (2006) esta escala se evalúa a partir de una gráfica en la cual se puede apreciar un pictograma que consta de seis caras de una persona mayor mostrando expresión de esfuerzo físico cada vez más intenso conforme se va elevando la escala. Esta escala cuenta de 0 a 10 teniendo en cuenta únicamente números pares.

3.6.6 Programa de entrenamiento combinado para el adulto mayor

Los participantes en todos los grupos completaron un programa de entrenamiento combinado de 12 semana siendo el mismo para todos. Tanto el entrenamiento de fuerza como el aeróbico se realizaron intrasesión, dos y tres sesiones por semana, respectivamente (36 sesiones de entrenamiento aeróbico y 24 de fuerza muscular), respetando los días no consecutivos. Se determinó que el entrenamiento de fuerza se realizaría antes del entrenamiento aeróbico para optimizar las ganancias neuromusculares.

El entrenamiento de fuerza para piernas con la máquina de musculación leg extensión y brazos con la maquina Peck deck, se realizó con aumentos progresivos de carga del 5% cada dos semanas para desarrollar fuerza muscular con tiempos de recuperación establecidos mínimo de 3 minutos entre cada serie, respectivamente, y la capacidad aeróbica, comenzando con cargas del

45% al 70% de HR_{máx}, se dividió en dos grupos de participantes utilizando cintas de correr y ergómetros de ciclo estacionarios (ProForm 300 SPX, Inc., Loga, EUA) con un descanso activo de 2-3 minutos entre cambio del grupo de cinta de correr y el grupo de ergómetros de ciclo estacionario. Tanto para el entrenamiento de fuerza como para el aeróbico, en la semana 12 se ejecutó una disminución gradual para reducir la posible fatiga residual en las evaluaciones posteriores al entrenamiento (Balady et al., 2010; Garber et al., 2011). La intensidad fue monitorizada a través del método de reserva de frecuencia cardiaca (HHR), estableciendo la frecuencia cardíaca máxima o con la fórmula de Gellish (2007) (donde FC_{max} = 207 - [0,7 x edad]). Cada sesión fue cuidadosamente supervisada por al menos cinco entrenadores personales.

3.7 Análisis estadístico

El tratamiento de los datos se realizó mediante el software SPSS 22.0 para todos los análisis (IBM Corporation; Armonk, Nueva York). Los datos descriptivos se presentan como media y desviación estándar. La normalidad y la distribución de la varianza se examinaron mediante las pruebas de Kolgomorov Smirnov y Shapiro-Wilk. Se utilizó una prueba t de Student para muestras relacionadas para comparar las evaluaciones pre y post-intervención intragrupos. Y la prueba U de Mann Whitney para dos muestras independientes para comparar los valores post-intervención intergrupos. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$. El tamaño del efecto (TE) fue calculado mediante el Cohen's *d*, fue utilizado para comparar los valores post-intervención intergrupos. Los valores de umbral para evaluar magnitudes de TE fueron 0.20, 0.60, 1.2 o mayor para pequeño, moderado, grande, respectivamente (Hopkins et al., 2009).

CAPITULO 4. RESULTADOS

CAPITULO . RESULTADOS

4. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados encontrados en la prueba 1RM pectoral y 1 RM de extensores de rodilla, % del nivel de potencia pico (W) de 1RM en pectorales y % del nivel de potencia pico (W) de 1RM en extensores de rodilla tras 12 semanas de entrenamiento combinado en adultos mayores con y sin síndrome metabólico.

En este estudio participaron 122 sujetos voluntarios, de los cuales se logró conseguir los suficientes datos en 88 individuos aptos para el objetivo de trabajo, (n = 32 con SM y n = 56 sin SM), durante las evaluaciones iniciales todos los participantes realizaron satisfactoriamente el pre-test entregando su mayor esfuerzo y cumplimiento con el protocolo. Sin embargo, los participantes que tuvieron interrupciones continuas o deserción en el programa de entrenamiento combinado del desarrollo de fuerza máxima dinámica y potencia muscular se excluyeron un total de (n=34). En la figura 2 presentamos el diagrama de flujo del estudio.

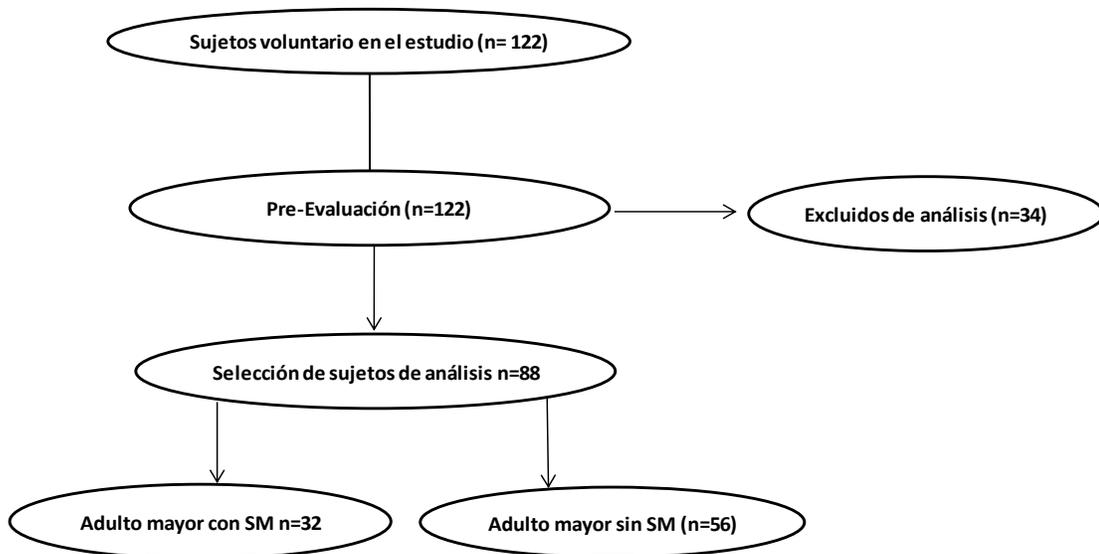


Figura 2. Diagrama de flujo del estudio. Elaboración propia.

En la tabla 7 se pueden observar las características físicas del grupo con y sin síndrome metabólico antes del comienzo del estudio. Se comprueba que el grupo de personas presenta unas características físicas homogéneas en todas las variables de estudio.

Tabla 8. Características físicas de los adultos mayores con y sin síndrome metabólico (Media \pm SD)

	Grupo	N	Media \pm SD	95% Ic		P- valor	
				LI	LS		
Edad (años)	NSM	55	63.5	5.5	62.0	65.0	0.753
	SM	34	63.9	4.9	62.2	65.6	
	T	89	63.7	5.3	62.6	64.8	
Peso (kg)	NSM	55	71.2	10.7	68.3	74.2	0.000
	SM	34	81.8	12.8	77.3	86.2	
	T	89	75.3	12.6	72.6	78.0	
Talla (cm)	NSM	55	151.6	32.8	142.8	160.5	0.092
	SM	34	161.5	8.9	158.3	164.6	
	T	89	155.4	26.7	149.8	161.0	
IMC (Kg/m ²)	NSM	55	29.6	10.8	26.7	32.5	0.341
	SM	34	31.5	4.7	29.9	33.1	
	T	55	30.3	9.0	28.5	32.2	

Los valores se presentan M \pm SD (LI; límite inferior - LS; límite superior); * p<0.05; kg; kilos; IMC=índice de masa corporal; NSM: no síndrome metabólico; SM: síndrome metabólico; T: total.

Elaboración propia

4.1 Evaluación de fuerza 1RM en adulto mayor con y sin síndrome metabólico

Los resultados se muestran en la tabla 7, los cuales nos indican que el programa de entrenamiento combinado tuvo un efecto positivo en el aumento de la fuerza máxima dinámica en músculos pectorales y extensores de la rodilla tanto para adultos mayores (AM) con síndrome metabólico (SM) como para aquellos sin SM. Para el grupo de AM con SM, la media de la fuerza pectoral aumentó de 28.3 kg en la pre-evaluación a 38.8 kg en la post-evaluación, con una desviación estándar de 13.7 kg y 19.1 kg, respectivamente. Mientras que la media de la fuerza máxima de los extensores de rodilla también incremento, de 48.3 kg en la pre-evaluación a 55.8 kg en la post-evaluación, con una desviación estándar de 16.9 kg y 20.0 kg.

De modo similar, para el grupo de AM sin SM, la media de la fuerza máxima de los pectorales aumentó de significativamente de 21.88 kg en la pre-evaluación a 31.06 kg en la post-evaluación, con una desviación estándar de 9.5 kg y 13.6 kg, respectivamente, mientras que la media de la fuerza de los extensores de rodilla también mejoró significativamente de 41.34 kg en la pre-evaluación a 50.48 kg en la post-evaluación, con una desviación estándar de 9.9 kg y 14.1 kg, correspondientemente. Al comparar ambos grupos en los músculos pectorales en la post-evaluación el grupo de AM con SM en pectorales obtuvo valores más altos ($p < 0.047$) que en el grupo de AM sin SM con un tamaño del efecto moderado (TE, 0.527), no obstante, en los músculos extensores de la rodilla no se encontraron diferencias significativas (ver tabla 7).

Tabla 9. Resultados de fuerza 1RM en pectoral y extensores de rodilla antes y después del programa de entrenamiento combinado de adulto mayor con (n=32) y sin (n=56) síndrome metabólico.

Variable	Adulto con SM		Adulto sin SM		Diferencias entre post-evaluaciones entre grupos		
	Pre-evaluación	Post-evaluación	Pre-evaluación	Post-evaluación	Z	P	TE
	Media ± DS	Media ± DS	Media ± DS	Media ± DS			
Pectoral (kg)	28.3 ± 13.7	38.8 ± 19.1*	21.88 ± 9.5	31.06 ± 13.6*	-1.984	0.047	0.527
Extensores de rodilla	48.3 ± 16.9	55.8 ± 20.0*	41.34 ± 9.9	50.48 ± 14.1*	-1.266	0.206	0.306

Los valores se presentan como media, más/menos, desviación estándar (DS); SM, Síndrome metabólico; TE; tamaño del efecto y Kg; kilogramos.

* $P < 0.05$ diferencias significativa entre pre vs. post-evaluación; $P < 0.05$ diferencias significativa entre pruebas post-evaluaciones entre grupos.

4.2 Evaluación de potencia pico en adulto mayor con y sin síndrome metabólico

A partir de la información proporcionada en la tabla 8 podemos observar que tanto los AM con SM y sin SM tuvieron un aumento en la potencia pico (W) de 1RM en los músculos pectorales y extensores de rodilla después del programa de entrenamiento combinado en los diferentes porcentajes relativos de la 1RM. Además, se observa que hay diferencias significativas entre las mediciones pre y post-evaluación en ambos grupos, lo que indica que el programa de entrenamiento tuvo un efecto positivo en el aumento de la potencia muscular en ambos grupos. Al comparar los valores medios de la post-evaluación el grupo de AM con SM tuvo valores más altos que el grupo de AM sin SM en los músculos pectorales (todos $p < 0.05$) con tamaños del efecto moderado (TE de 0.439 a 0.542), pero entre los valores medios de la post-evaluación en los músculos extensores de la rodilla no hubo diferencias significativas entre grupos.

Tabla 10. Resultados de potencia pico (w) de 1RM pectoral y extensores de rodilla antes y después del programa de entrenamiento combinado de adulto mayor con (32) y sin (56) síndrome metabólico.

Variable	Adulto con SM		Adulto sin SM		Diferencias entre post-evaluaciones entre grupos			
	Pre-evaluación	Post-evaluación	Pre-evaluación	Post-evaluación	Z	P	TE	
	Media \pm DS	Media \pm DS	Media \pm DS	Media \pm DS				
% del nivel de potencia pico de 1RM en pectorales								
Potencia pico 1RM (W)	40%	69.6 \pm 42.8	107.7 \pm 67.0 *	50.8 \pm 31.0	81.2 \pm 49.3 *	-2.071	0.038	0.449
	50%	80.7 \pm 50.1	119.4 \pm 70.5 *	60.3 \pm 35.7	91.4 \pm 54.5 *	-2.241	0.025	0.443
	60%	87.4 \pm 56.9	130.3 \pm 72.9 *	66.4 \pm 37.0	101.2 \pm 58.4 *	-2.033	0.042	0.439
	70%	95.2 \pm 59.6	140.1 \pm 81.0 *	73.0 \pm 44.2	102.3 \pm 56.3 *	-2.316	0.021	0.542
	80%	97.4 \pm 59.3	142.3 \pm 77.9 *	73.7 \pm 43.5	105.0 \pm 58.2 *	-2.278	0.023	0.541
% del nivel de potencia pico de 1RM en extensores de rodilla								
Potencia pico 1RM (W)	40%	265.1 \pm 116.6	371.9 \pm 183.5 *	239.7 \pm 83.3	315.0 \pm 123.6 *	-1.483	0.138	0.363
	50%	303.7 \pm 131.8	384.5 \pm 173.9 *	255.5 \pm 94.0	324.5 \pm 129.6 *	-1.796	0.072	0.391
	60%	315.1 \pm 144.8	380.6 \pm 177.2 *	265.2 \pm 107.3	319.1 \pm 136.3 *	-1.815	0.070	0.388
	70%	321.8 \pm 161.3	353.3 \pm 172.7 *	279.6 \pm 107.2	299.1 \pm 130.0 *	-1.603	0.109	0.355
	80%	295.7 \pm 164.1	343.3 \pm 166.5 *	260.8 \pm 122.8	291.8 \pm 123.8 *	-1.621	0.105	0.349

Los valores se presentan como media, más/menos, desviación estándar (DS); SM, Síndrome metabólico; TE; tamaño del efecto, W; watt y Kg; kilogramos.

* $P < 0.05$ diferencias significativa entre pre vs. post-evaluación; $P < 0.05$ diferencias significativa entre pruebas post-evaluaciones entre grupos.

CAPITULO 5. DISCUSIÓN

CAPITULO 5. DISCUSION

5. DISCUSIÓN

Un objetivo específico de este estudio fue establecer las pruebas y determinar el nivel de la fuerza máxima y potencia muscular para asegurarse de que el tiempo total de entrenamiento fuera consistente en ambos grupos de ejercicio, para ser replicable a la población general y ayudar a encontrar la efectividad del programa de entrenamiento combinado. El hallazgo principal de este estudio fue que solo el entrenamiento de combinado de fuerza plus aeróbico de moderada intensidad proporcionó cambios significativos en la fuerza máxima y potencia muscular en los dos grupos de intervención. Este trabajo se respalda con las recomendaciones de ACSM (2014) y sugiere que las personas pueden recibir mayores efectos para la salud al realizar un programa de entrenamiento combinado.

5.1 Evaluación de fuerza en 1RM

La pérdida de los componentes de la aptitud física causa principalmente la disminución de la masa muscular, fuerza y potencia muscular, esto debido a un proceso natural del envejecimiento y factores que también están relacionados con la falta de actividad física. Consecuentemente, impacta en las actividades de la vida diaria de las personas como; realizar aseo, subir escaleras, trasladar bolsas de compras y caminar (de Farias et al., 2014). Sin embargo, Bowden et al. (2019) y Zampieri et al. (2015) aconsejan la intervención de entrenamiento de fuerza como estrategia para prevenir los efectos del síndrome metabólico e incidencia negativa sobre el sistema musculoesquelético.

Se ha demostrado efectividad en el desarrollo y ganancia de fuerza tanto en métodos de entrenamiento de fuerza como usando métodos combinados de (fuerza y resistencia) (Fragala et al., 2006; Casas e Izquierdo, 2012). Es conocido que la fuerza muscular en adultos mayores puede aumentar siempre que las cargas de entrenamiento superen suficientemente las actividades normales diarias de un músculo en particular (Häkkinen, 2007), por tanto cualquier método que use sobrecargas que superen dicha intensidad puede provocar grandes mejoras en la fuerza de los sujetos desentrenados. Cargas cercanas al 50% del 1RM producen mejoras en la fuerza máxima en personas desentrenadas. Por otra parte, esta información se respalda con el estudio de Agner et al. (2018) se observó notablemente la prescripción de entrenamiento combinado para adulto mayores con síndrome metabólico para obtener ganancias en fuerza muscular.

Los resultados obtenidos en la presente tesis de maestría mostraron cómo tras 12 semanas de entrenamiento con intensidades comprendidas entre el 40 y el 80% de 1RM, los sujetos de ambos grupos incrementaron la producción de fuerza máxima; con síndrome metabólico (38.8 ± 19.1 en pectoral y 55.8 ± 20 en extensores de rodilla) y sin síndrome metabólico (31.6 ± 13.6 en pectorales y 50.48 ± 14.1 en extensores de rodilla). Estos resultados son similares a los encontrados en la literatura científica donde se efectuó un tratamiento de acondicionamiento al adulto mayor en entrenamiento de sobrecargas de diversas intensidades.

En este sentido, Strasser et al. (2009) llevaron a cabo un programa de entrenamiento combinado sobre un grupo de adultos mayores (76 ± 5 años) usando intensidades correspondientes al 60 y 80% de 1RM, ejecutando un total de 3-6 series de 8-15 repeticiones con frecuencia de 3 sesiones por semana durante un total de 6 meses. Los resultados de este estudio muestran incrementos significativos en la producción de fuerza en el ejercicio de extensiones de rodilla entre (15 y 30%). Continuando con los resultados similares, Wallerstein et al. (2012) aplicaron un

programa de entrenamiento de fuerza en una población de adultos mayores de edades comprendidas entre (60-80 años) estableciendo intensidad de trabajo entre el 70 y el 90% de 1RM, realizando 2 sesiones por semana durante 16 semanas. Los investigadores encontraron incrementos en la fuerza máxima en la muestra de estudio (n=59) con mejoras entre el 31 y el 42.7%.

Otros autores como Hunter et al. (2001) emplearon también un programa de entrenamiento con intensidades entre el 75 y el 80% de 1RM durante 25 semanas y con una frecuencia de una vez por semana y se obtuvieron mejoras significativas en los valores de producción de fuerza.

Los programas de entrenamiento de alta intensidad tienen efectos positivos sobre la fuerza y la hipertrofia de los músculos en adultos mayores de edades entre 60 y 80 años, existen estudios que demuestran que con intensidades moderadas, con carga entre 60-75% de 1RM, responden positivamente frente a programas de entrenamiento de fuerza, logrando mejoras en la producción de fuerza en grupos musculares superiores e inferiores tras intervenciones de 8 a 45 semanas de duración (González et al. 2011; Sayers et al. 2010).

Si bien se ha demostrado contundentemente los efectos que traen los entrenamientos de fuerza en adultos mayores sedentarios que cumplen con las directrices, al superar las sesiones del 40% de 1RM se encuentran grandes adaptaciones de la fuerza muscular. Los aumentos iniciales de masa muscular y fuerza máxima observados durante las primeras semanas de entrenamiento en diversos estudios declaran que esto se puede atribuir a la mayor activación de unidades motoras de los músculos agonistas entrenados y a una disminución de la coactivación de los músculos antagonistas (Hakkinen et al., 2007). Por tanto, se verá reflejada una mejora sobre la adquisición y la frecuencia de las habilidades motoras. Además de un incremento de las eficiencias motoras (Aagaard et al., 2010). Quiere decir, que las ganancias de fuerza son debidas, elementalmente, a adaptaciones del sistema nervioso más que al aumento de la masa muscular.

5.2 Evaluación de potencia muscular

Los estudios han demostrado que el entrenamiento de fuerza aumenta la potencia máxima en los adultos mayores. La evaluación de la resistencia externa o también conocida como porcentaje (%) de un 1RM en la que se desarrolla la potencia máxima, es fundamental dado que los cambios en los componentes de la potencia máxima (fuerza y velocidad) dependen del %1RM en el que se produce la potencia (Sayers et al., 2014). Los resultados de este estudio nos muestran que la máxima potencia muscular fue al 80% y 50 % de 1RM en los músculos pectorales y extensores de la rodilla, respectivamente. Mientras que los estudios nos indican que la máxima potencia muscular debe de ser alcanzada entre el 60 y 70 % de 1RM. Estos valores nos indican que nuestros resultados son contrarios a otros estudios. Esto puede ser posible debido a que los sujetos de nuestro estudio no estaban entrenados lo que la máxima expresión de potencia muscular la hayan expresado en porcentajes diferentes a otros estudios.

En este estudio, el resultado tras 12 semanas de entrenamiento combinado sobre la potencia muscular con máquinas de musculación muestra un incremento significativo en cinco cargas submáximas analizadas de % de nivel en segmentos del 40 al 80% de 1RM.

La investigación de Pereira et al. (2012) aplicaron un protocolo de entrenamiento de 12 semanas, el mismo tiempo de nuestro estudio, este autor entrenó la potencia de alta velocidad en diferentes manifestaciones de la fuerza teniendo un total de $n=56$ sujetos de edades 62.5 ± 4.3 años, usando porcentajes entre 40 y 75% 1RM. Los hallazgos fueron positivos al encontrar grandes ganancias en el rendimiento y la capacidad funcional de los músculos de las extremidades superiores e inferiores.

La muestra de este estudio fue un total de 88 participantes, los cuales se dividen en dos grupos diagnosticados con y sin síndrome metabólico, a comparación de la investigación de Sayers et al. (2014) que tuvieron 72 sujetos donde realizo un estudio que fue comparar los cambios en la potencia máxima después de 12 semanas de entrenamiento vs entrenamiento de fuerza tradicional de baja velocidad. Los cambios en la potencia mejoraron de manera significativa trabajando con % de 1RM mayor de 65%. Sin embargo, De Vos et al. (2008) han demostrado que el entrenamiento de potencia al 20%, 50% y 80% de 1RM dieron como resultados positivos un cambio significativo a un % 1RM más bajo.

Relacionado con otros autores, los estudios sugieren que el entrenamiento de potencia genera mayor activación neuronal que el entrenamiento con cargas altas. Ortega y Cuartas. (2020) indican que en los adultos mayores, la potencia muscular presenta una mayor correlación con el desempeño funcional que la fuerza muscular, debido a la combinación de patrones de reclutamiento en las unidades motoras y aumento en las tasas de descarga.

Se demostró que tanto la fuerza máxima como de la potencia mejoró tras terminar el programa de entrenamiento combinado de 12 semanas, los participantes presentaron efectos positivos en la generación de fuerza y potencia muscular. Existe una relación entre, si un sujeto es capaz de reclutar más fibras musculares al realizar una acción motriz o movilizar un peso determinado, indudablemente puede obtener mayor velocidad a esa carga, lo cual se traslada a potencia. Por lo tanto, a través de este estudio podemos deducir los resultados positivos en potencia y los beneficios que traen en adultos mayores que padecen alguna enfermedad.

**CAPITULO 6.
CONCLUSIONES**

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el estudio, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

El programa de entrenamiento combinado de fuerza plus aeróbico de 12 semanas con intensidades moderadas demostró tener un impacto positivo en la fuerza máxima dinámica y la potencia muscular relativa al 40, 50, 60, 70 y 80 % de 1RM. Esto se observó tanto en adultos mayores con síndrome metabólico como en aquellos sin él. Específicamente, los adultos mayores con síndrome metabólico mostraron valores más altos en los músculos pectorales. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los músculos extensores de la rodilla.

Estos hallazgos subrayan la importancia de la fuerza y potencia muscular como componentes esenciales para la implementación de programas de ejercicios en adultos mayores con enfermedades crónicas metabólicas, como el síndrome metabólico. Estos programas pueden mejorar la capacidad e independencia funcional de estos individuos, permitiéndoles realizar con éxito las actividades cotidianas y mejorar su calidad de vida.

CAPITULO 7.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 49-64.
- Agner, V. F. C., Garcia, M. C., Taffarel, A. A., Mourão, C. B., da Silva, I. P., da Silva, S. P., ... & Lombardi Jr, I. (2018). Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: A randomized controlled clinical trial. *Archives of gerontology and geriatrics*, 75, 158-164.
- Alemán, J. A., de Baranda Andujar, P. S., & Ortín, E. J. O. (2014). Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular. *Seh-Lelha*.
- American College of Sports Medicine [ACSM] (2014a). "ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription" Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. (9na. ed., pp. 19-36, 40-57, 162-180).
- Antelo, M., González, C., Novak, J., Olivera, M., Rocca, M., & Viscarret, M. (2021). Potencia de miembros inferiores y calidad muscular en adultos mayores.
- Aparicio García-Molina, V. A., Carbonell-Baeza, A., & Delgado Fernández, M. (2010). Beneficios de la actividad física en personas mayores.
- Aponte Daza, V. C. (2015). Calidad de vida en la tercera edad. *Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UCBS*, 13(2), 152-182.

- Arango, D. C., Cardona, A. S., Duque, M. G., Cardona, A. S., & Sierra, S. M. C. (2016). Estado de salud del adulto mayor de Antioquia, Colombia. *Revista Brasileira de Geriatria y Gerontología*, 19, 71-86.
- Azzolino, D., Spolidoro, G. C. I., Saporiti, E., Luchetti, C., Agostoni, C., & Cesari, M. (2021). Musculoskeletal changes across the lifespan: nutrition and the life-course approach to prevention. *Frontiers in Medicine*, 8, 697954.
- Balachandran, A., Krawczyk, S. N., Potiaumpai, M., & Signorile, J. F. (2014). High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. *Experimental gerontology*, 60, 64-71.
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., ... & Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research. (2010). Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 122(2), 191-225.
- Bayego, E. S., Vila, G. S., & Martínez, I. S. (2012). Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Medicina clínica*, 138(1), 18-24.
- Bellido Borda, S. R. (2018). Influencia de un Programa de Ejercicios Integrales en la Capacidad Funcional de Pacientes del Programa de Diabetes del Hospital Regional Honorio Delgado, Arequipa 2018.
- Beltran, S. S. C.(2018) ENVEJECIMIENTO HUMANO EXITOSO: CAUSAS Y EFECTOS.
- Bezerra, E. D. S., Moro, A. R. P., Orsatto, L. B. D. R., da Silva, M. E., Willardson, J. M., & Simão, R. (2018). Muscular performance and body composition changes following multi-

- joint versus combined multi-and single-joint exercises in aging adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(6), 602-608.
- Bianco, A. (2011). Influence of family history of NIDDM on basal metabolic rate in sedentary and active women.
- Blanco, M. G. (2018). Calidad de vida relacionada con la salud. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, 78(1), 1-4.
- Bosco, C., Colli, R. O. B. E. R. T. O., Bonomi, R. O. B. E. R. T. O., von Duvillard, S. P., & Viru, A. T. K. O. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 202-208.
- Bottaro, M., Veloso, J., Wagner, D., & Gentil, P. (2011). Resistance training for strength and muscle thickness: Effect of number of sets and muscle group trained. *Science & Sports*, 26(5), 259-264.
- Bouchard, J. y Villeda, S. A. (2015). Envejecimiento y rejuvenecimiento cerebral como eventos sistémicos. *Revista de neuroquímica*, 132(1), 5-19.
- Bowden Davies, Kelly A., et al. Reduced physical activity in young and older adults: metabolic and musculoskeletal implications. *Therapeutic advances in endocrinology and metabolism*, 2019, vol. 10, p. 2042018819888824.
- Bravo, H. L. P. (2015). Influencia de un programa de actividad física sobre los procesos cognitivos de las personas mayores de 60 años (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).

- Burgos Peláez, R. (2006). Enfoque terapéutico global de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 51-60.
- Burr, D. B. (2019). Changes in bone matrix properties with aging. *Bone*, 120, 85-93.
- Cadore, E. L., Moneo, A. B. B., Mensat, M. M., Muñoz, A. R., Casas-Herrero, A., Rodríguez-Mañas, L., & Izquierdo, M. (2014). Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint. *Age*, 36(2), 801-811.
- Carrasco-Poyatos, M., Rubio-Arias, J. A., Ballesta-García, I., & Ramos-Campo, D. J. (2018). Pilates vs. muscular training in older women: A randomized controlled trial. *Physiology & behavior*.
- Carrera Gualoto, D. C. (2019). Beneficios de la actividad física para mejorar la fuerza muscular, amplitud de movimiento articular y flexibilidad en adulto mayor de 65-85 años del Centro Nuevo Renacer de la parroquia de Zámbara durante el mes de septiembre a noviembre (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
- Cartee, G. D., Hepple, R. T., Bamman, M. M., & Zierath, J. R. (2016). Exercise promotes healthy aging of skeletal muscle. *Cell metabolism*, 23(6), 1034-1047.
- Casas Herrero, A., & Izquierdo, M. (2012, April). Ejercicio físico como intervención eficaz en el anciano frágil. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 35, No. 1, pp. 69-85). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- Castrillón, F. J. O. (2014). Efectos de una prescripción del entrenamiento con sobrecargas sobre la composición corporal, la producción de fuerza, la autonomía funcional y el vo2 máx.

en adultos mayores de 65 años (Doctoral dissertation, Universidad Católica San Antonio de Murcia).

Ceballos Gurrola, O., Alvarez Bermúdez, J., & Medina Rodríguez, R. E. (2012). Actividad física y calidad de vida en adultos mayores.

Cherin, P. (2009). Efecto del envejecimiento en los músculos: sarcopenia. *Medicina y longevidad*, 1(1), 26-30.

Chopik, W. J. (2017). Associations among relational values, support, health, and well-being across the adult lifespan. *Personal relationships*, 24(2), 408-422.

Cobos Antoranz, B. (2013). El síndrome metabólico en el anciano.

Concha-Cisternas, Y. F., Guzmán-Muñoz, E. E., & Marzuca-Nassr, G. N. (2017). Efectos de un programa de ejercicio físico combinado sobre la capacidad funcional de mujeres mayores sanas en Atención Primaria de Salud. *Fisioterapia*, 39(5), 195-201.

Contreras Perdomo, C. C. (2017). Efectos del entrenamiento de fuerza en la funcionalidad y calidad de vida de mujeres entre 55 y 70 años.

Cuéllar Cañadilla, R. (2016). Eficacia de tres programas de acondicionamiento físico general y cuatro semanas de desentrenamiento sobre la composición corporal, la condición física y valores hematológicos en mujeres mayores de 60 años.

Lopategui Corsino, E. (2013). DE EJERCICIOS, D. D. P., & DE EJERCICIOS, O. D. P. (2013). Prof. Edgar Lopategui Corsino MA, Fisiología del Ejercicio.

de Farias, M. C., Borba-Pinheiro, C. J., Oliveira, M. A., & de Souza Vale, R. G. (2014). Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre la fuerza muscular, flexibilidad y

- autonomía funcional de mujeres mayores. *Ciencias de la Actividad Física UCM*, 15(2), 13-24.
- de Jaeger, C. (2018). Fisiología del envejecimiento. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*, 32(3), 1-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S1293-2965\(18\)89822-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1293-2965(18)89822-X)
- de Souza Vale, R. G., & Rodrigues, V. F. (2014). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de IGF-1 y autonomía funcional de adultos mayores. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 15(2), 35-42.
- De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., Orr, R., & Singh, M. A. F. (2008). Effect of power-training intensity on the contribution of force and velocity to peak power in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16(4), 393-407.
- Declerck, K. y Berghe, WV (2018). Regreso al futuro: plasticidad del reloj epigenético hacia un envejecimiento saludable. *Mecanismos de envejecimiento y desarrollo*, 174 , 18-29.
- Degens, H. (2019). Envejecimiento humano: impacto en la fuerza y potencia muscular. En *Fisiología muscular y del ejercicio* (pp. 423-432). Prensa académica.
- Dodds, R. M., Roberts, H. C., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2015). The epidemiology of sarcopenia. *Journal of Clinical Densitometry*, 18(4), 461-466.
- Dos Santos, L., Ribeiro, A. S., Cavalcante, E. F., Nabuco, H. C., Antunes, M., Schoenfeld, B. J., & Cyrino, E. S. (2018). Effects of Modified Pyramid System on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Women. *International journal of sports medicine*, 39(08), 613-618.
- Ferrada Mundaca, L., & Zavala Gutiérrez, M. (2014). Bienestar psicológico: adultos mayores activos a través del voluntariado. *Ciencia y enfermería*, 20(1), 123-130.

- Floristán, M. A. (2014). Revisión bibliográfica de la asociación entre la práctica de ejercicio de fuerza y la presencia de síndrome metabólico y sus criterios definitorios.
- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8).
- Fraser, B. J., Huynh, Q. L., Schmidt, M. D., Dwyer, T., Venn, A. J., & Magnussen, C. G. (2016). Childhood muscular fitness phenotypes and adult metabolic syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(9).
- Garatachea, n., & Aznar, s. (2011). Control y prescripción de la actividad física. Madrid: FUNIBER.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
- García, J. F., Musitu, G., & Veiga, F. (2006). Self-concept in adults from Spain and Portugal. *Psicothema*, 18(3), 551-556.
- García-Unciti, M., Martínez, J. A., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. M., Grijalba, A., & Ibáñez, J. (2012). Effect of resistance training and hypocaloric diets with different protein content on body composition and lipid profile in hypercholesterolemic obese women. *Nutricion hospitalaria*, 27(5), 1511-1520.

- Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDONALD, A. U. D. R. Y., Russi, G. D., & Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(5), 822-829.
- Gobierno de México (2023). Envejecimiento en México. Recuperado de Envejecimiento en México | Consejo Nacional de Población | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)
- González Jurado, J. A., León-Prados, J. A., Nuviala, A. N., & Sotomayor, E. C. M. (2011). Efecto de un programa de entrenamiento de fuerza contra resistencia sobre componentes de la aptitud física en mujeres mayores. *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 9(1), 1-11.
- González-Rocha, A., Ortiz-Rodríguez, M. A., Salazar-Torres, B. L., Muñoz-Aguirre, P., Armenta-Guirado, B., Campos-Nonato, I., ... & Denova-Gutiérrez, E. (2024). Association between sociodemographic factors and metabolic syndrome in Mexican older adults. *salud pública de méxico*, 66(3), 267-276.
- Goswami, S. y Sahai, M. (2016). Estudio del patrón de morbilidad en población anciana. *Investigador europeo. Serie A*, (2), 119-128.
- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2017). Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico NSCA (Color). Paidotribo.
- Hakkinen, K., Newton, R. U., Evans, W. J., Campbell, W. W., Gordon, S. E., Gotshalk, L. A., ... & Hakkinen, A. (2007). Cambios en la Morfología Muscular, Actividad Electromiográfica, y en las Características de Producción de Fuerza durante el

entrenamiento Progresivo de Sobrecarga. Hombres Jóvenes y Ancianos. G-SE Standard, 3(08).

Hamer, M., Lavoie, K. L., & Bacon, S. L. (2014). Taking up physical activity in later life and healthy ageing: the English longitudinal study of ageing. *Br J Sports Med*, 48(3), 239-243.

Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.

Huang, L., Chen, P., Zhuang, J., Zhang, Y., & Walt, S. (2013). Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during normal walking in obese and normal-weight children. *Research quarterly for exercise and sport*, 84(sup2), S72-S79.

Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., McLafferty, C. L., Zuckerman, P. A., Landers, K. A. y Bamman, M. M. (2001). Entrenamiento de alta resistencia versus resistencia variable en adultos mayores. *Medicina y ciencia en el deporte y el ejercicio*, 33(10), 1759-1764.

INEGI. Encuesta Intercensal 2015. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Página web: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados>

INEGI. Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México 2019. Página web: [Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México \(ENASEM\) 2018 \(inegi.org.mx\)](https://www.inegi.org.mx/programas/envejecimiento/2019/default.html)

- Ishigaki, E. Y., Ramos, L. G., Carvalho, E. S., & Lunardi, A. C. (2014). Effectiveness of muscle strengthening and description of protocols for preventing falls in the elderly: a systematic review. *Brazilian journal of physical therapy*, 18(2), 111-118.
- Isla, A. G., Vázquez-Cuevas, F. G., & Peña-Ortega, F. (2016). Exercise prevents amyloid- β -induced hippocampal network disruption by inhibiting GSK3 β activation. *Journal of Alzheimer's Disease*, 52(1), 333-343.
- Izquierdo, M., Cadore, E., & Casas, A. (2014). Ejercicio físico en el anciano frágil: una manera eficaz de prevenir la dependencia. *Kronos*, 13(1), 2-14.
- Jueas Torres, Á. (2020). Efectos de un entrenamiento de fuerza con material elástico versus medio acuático sobre la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar en mujeres mayores.
- Keller, K., & Engelhardt, M. (2013). Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 3(4), 346.
- Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *The Indian journal of medical research*, 148(5), 648.
- Laclaustra Gimeno, M., Bergua Martínez, C., Pascual Calleja, I., & Casasnovas Lenguas, J. A. (2005). Síndrome metabólico. Concepto y fisiopatología. *Rev. esp. cardiol. Supl.*(Ed. impresa), 5(supl. D), 3d-10d.
- Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *Journal of strength and conditioning research*, 20(2), 252.

- Landinez Parra, N. S., Contreras Valencia, K., & Castro Villamil, Á. (2012). Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. *Revista cubana de salud pública*, 38, 562-580.
- Lee, H., Kim, I. G., Sung, C., Jeon, T. B., Cho, K., Ha, Y. C & Kim, J. S. (2019). Exercise training increases skeletal muscle strength independent of hypertrophy in older adults aged 75 years and older. *Geriatrics & gerontology international*.
- Leiva Benegas, S. J. (2019). ¿ Qué es la fuerza para la Educación Física?. In XIII Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de Educación Física y Ciencias (Ensenada, 30 de septiembre al 4 de octubre de 2019).
- Lima, A. P. D., Benedetti, T. R. B., Oliveira, L. Z. D., Bavaresco, S. S., & Rech, C. R. (2019). Physical activity is associated with knowledge and attitudes to diabetes type 2 in elderly. *Journal of Physical Education*, 30.
- Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane database of systematic reviews*, (3).
- Lizarzaburu Robles, J. C. (2013, October). Síndrome metabólico: concepto y aplicación práctica. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 74, No. 4, pp. 315-320). UNMSM. Facultad de Medicina.
- López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M. y Kroemer, G. (2013). Las señas de identidad del envejecimiento. *Celda*, 153(6), 1194-1217.
- Loza Montesdeoca, B. R. (2019). Revisión bibliográfica del impacto de la actividad física aeróbica en la salud del adulto mayor (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

- María, E., & Lázaro, E. G. (2008). “Calidad de vida en la Tercera Edad”¿ Una población subestimada por ellos y por su entorno?.
- Mariscal, V. M. (2018). Efectos del ejercicio físico en la composición corporal de adultos sedentarios (Doctoral dissertation, Universidad de Huelva).
- Martín Lesende, I., Gorroñoitia Iturbe, A., Gómez Pavón, J., Baztán Cortés, J. J., & Abizanda Soler, P. (2010). El anciano frágil. Detección y tratamiento en AP. *Aten. prim.*(Barc., Ed. impr.), 42(7), 388-393.
- Martínez, F. S., Cocca, A., Mohamed, K., & Ramírez, J. V. (2010). Actividad Física y sedentarismo: Repercusiones sobre la salud y calidad de vida de las personas mayores. *RETOS. Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (17), 126-129.
- Martínez, M. P., Vergara, I. D., Molano, K. Q., Pérez, M. M., & Ospina, A. P. (2021). Síndrome metabólico en adultos: Revisión narrativa de la literatura. *Archivos de medicina*, 17(2), 4.
- Martínez Heredia, N., Santaella Rodríguez, E., & Rodríguez García, A. M. (2021). Beneficios de la actividad física para la promoción de un envejecimiento activo en personas mayores. Revisión bibliográfica.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S., & Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108(21), 359.

- Medina Quintero, Y. A. (2016). Efectos de un programa de entrenamiento funcional en donde se articulan, la fuerza, potencia muscular y equilibrio en la optimización de autonomía funcional en el adulto mayor.
- Medrano Mena, S. C. (2020). Efecto general y residual de un programa de entrenamiento multicomponente para adultos mayores. Componentes de la condición física, carga interna y adherencia (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Merletti, R., Farina, D., Gazzoni, M., & Schieroni, M. P. (2002). Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 25(1), 65-76.
- Montero-Fernandez, N., & Serra-Rexach, J. A. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 49(1), 131-143.
- Mor, E. H. (2015). Efectos de un programa de actividad física integral en la calidad de vida del adulto mayor (Doctoral dissertation, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir).
- Moreira, O. C., Alonso-Aubin, D. A., de Oliveira, C. E. P., Candia-Luján, R., & De Paz, J. A. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Arch Med del Deport*, 32(6), 387-94.
- Moreno Arias, P. (2014). Prevalencia y características del síndrome metabólico en mayores de 65 años de la isla de Tenerife. Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones.
- Myers, J., Kokkinos, P., & Nyelin, E. (2019). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Nutrients*, 11(7), 1652.

- Nakagawa, H. B., Ferraresi, J. R., Prata, M. G., & Scheicher, M. E. (2017). Postural balance and functional independence of elderly people according to gender and age: cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, 135(3), 260-265.
- Navalón Alcañiz, R. (2020). Influencia de un programa de ejercicio físico realizado en el ámbito municipal sobre la fragilidad y capacidad funcional del adulto mayor no dependiente. Proyecto de investigación.
- Navarro Valdivieso, F., González Ravé, J. M., & Pablos Abella, C. (2014). Entrenamiento Deportivo. Teoría y Práctica.
- Nilsson, P. M., Tuomilehto, J., & Rydén, L. (2019). The metabolic syndrome—What is it and how should it be managed?. *European journal of preventive cardiology*, 26(2_suppl), 33-46.
- Organización Mundial de la Salud. (12 de agosto de 2021). Reunión de Ministros de Salud del G7 en Kobe: alcanzar la cobertura sanitaria universal centrándose en el envejecimiento saludable y activo. 2018. [Reunión de Ministros de Salud del G7 en Kobe: alcanzar la cobertura sanitaria universal centrándose en el envejecimiento saludable y activo \(who.int\)](#)
- Organización Mundial de la Salud. (21 de enero de 2021). Sobrepeso y obesidad. [Obesidad y sobrepeso \(who.int\)](#)
- Organización Mundial de la Salud. (22 de octubre de 2021). Enfermedades cardiovasculares. [Enfermedades cardiovasculares \(who.int\)](#)
- Organización Mundial de la Salud. (4 de octubre de 2020). Envejecimiento y Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

- Orozco Rocha, K., Wong, R., & Michaels Obregón, A. (2018). Atrición en encuestas de panel en México: la Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM). *Realidad, datos y espacio. Revista internacional de estadística y geografía*, 9(1).
- Orquín Castrillón, F. J., Torres Luque, G., & Ponce de León, F. (2009). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre parámetros cardiorrespiratorios.
- Ortega, J. A. F., & Cuartas, L. A. H. (2020). Efectos de la velocidad de entrenamiento en fuerza sobre diversas manifestaciones de la fuerza en mujeres adultas mayores. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (38), 325-332.
- Padilla Colón, C. J., Sánchez Collado, P., & Cuevas, M. J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988.
- País-Ribeiro, JL (2004). La calidad de vida es un criterio de valoración principal en entornos clínicos. *Nutrición clínica*, 23 (1), 121-130.
- Pardo, A. Y. G., Quintero, G. A. G., & Muñoz, A. I. G. (2019). Fuerza explosiva en adultas mayores, efectos del entrenamiento en fuerza máxima (Explosive strength in older adults, training effects on maximum strength). *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 64-68.
- Paterne, G., Bardales, Y., & Martinez, M. (2012). *Calidad de vida. Abizanda P. Medicina Geriátrica*. Barcelona: Elsevier, 155-62.

- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(8), 457-465.
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(S1), 3-63.
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., Bastos, E., González-Badillo, J. J., & Marques, M. C. (2012). Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental gerontology*, 47(3), 250-255.
- Pinedo, L. F. V. (2016). Salud y calidad de vida en el adulto mayor. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(2), 199-201.
- Política Pública Nacional de Envejecimiento y Vejez. Colombia Potencia de la Vida. 2023. Recuperado de Envejecimiento y Vejez (minsalud.gov.co)
- Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol. (17 de noviembre de 2022). ¿Qué es el síndrome metabólico. [Síndrome metabólico - ¿Qué es el síndrome metabólico? | NHLBI, NIH](#)
- Quino-Ávila, A., Chacón-Serna, M., & Vallejo-Castillo, L. (2017). Capacidad funcional del anciano relacionada con la actividad física. *Revista de Investigación en Salud*, 4(1), 86-103.
- Quintero-Burgos, C. G., Melgarejo-Pinto, V. M., & Ospina-Díaz, J. M. (2017). Estudio comparativo de la autonomía funcional de adultos mayores: atletas y sedentarios, en altitud moderada. *MHSalud*, 13(2), 1-16.

- Reid, K. F., & Fielding, R. A. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*, 40(1), 4.
- Ribeiro, A. S., Aguiar, A. F., Schoenfeld, B. J., Nunes, J. P., Cavalcante, E. F., Cadore, E. L., & Cyrino, E. S. (2018). Effects of different resistance training systems on muscular strength and hypertrophy in resistance-trained older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 545-553.
- Rodríguez Ávila, N. (2018). Envejecimiento: Edad, salud y sociedad. *Horizonte sanitario*, 17(2), 87-88.
- Rodríguez Guajardo, R. C., Salazar Cantú, J. D. J., & Cruz Ramos, A. A. (2013). Determinantes de la actividad física en México. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 21(41), 185-209.
- Rolland, Y., Dupuy, C., van Kan, G. A., Gillette, S., & Vellas, B. (2011). Treatment strategies for sarcopenia and frailty. *Medical Clinics*, 95(3), 427-438.
- ROMERO, A. R. V., & RODRIGUEZ, M. A. O. (2019). Síndrome metabólico en adultos mayores mexicanos derechohabientes del ISSSTE. *Inventio. La génesis de la cultura universitaria en Morelos*.
- Ruiz, E. D. (2010). Psicología social del envejecimiento y perspectiva del transcurso de la vida: consideraciones críticas. *Revista Colombiana de Psicología*, 19(2), 207-224.
- Rybertt, C., Cuevas, S., Winkler, X., Lavados, P., & Martínez, S. (2015). Parámetros funcionales y su relación con la velocidad de marcha en adultos mayores chilenos residentes en la comunidad. *Biomédica*, 35(2), 212-218.

- Saa, P. A. C., & García, M. A. C. (2016). Cambios fisiológicos de la aptitud física en el envejecimiento. *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá*, 3(2), 176-194.
- Sánchez, D. R. (2015). Efectos de la actividad física y una dieta con un aporte nutricional con base láctea, sobre las variables que determinan el riesgo de enfermedad cardiovascular de personas entre 50 y 70 años (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- Sánchez, Y. M. (2019). Consideraciones para una definición de calidad desde un enfoque salubrista. *Revista de Información científica para la Dirección en Salud. INFODIR*, (30).
- Sardeli, A. V., do Carmo Santos, L., Ferreira, M. L. V., Gáspari, A. F., Rodrigues, B., Cavaglieri, C. R., & Chacon-Mikahil, M. P. T. (2017). Cardiovascular responses to different resistance exercise protocols in elderly. *International journal of sports medicine*, 38(12), 928-936.
- Sayers, S. P., & Gibson, K. (2010). A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3369-3380.
- Sayers, S. P., & Gibson, K. (2014). High-speed power training in older adults: A shift of the external resistance at which peak power is produced. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 28(3), 616.
- Silva, C. A. M., Orellana, P. A. R., & Nassr, G. N. M. (2015). Valoración del estado funcional de adultos mayores con dependencia moderada y severa pertenecientes a un centro de salud familiar. *Fisioterapia e Pesquisa*, 22, 76-83.

- Somoza, E. M. Z., Alvarez, V. F., & Porbén, S. S. (2018). Sobre las interrelaciones entre la sarcopenia, envejecimiento y nutrición. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 28(1), 25.
- Song, P., Han, P., Zhao, Y., Zhang, Y., Wang, L., Tao, Z., ... & Guo, Q. (2021). Muscle mass rather than muscle strength or physical performance is associated with metabolic syndrome in community-dwelling older Chinese adults. *BMC geriatrics*, 21, 1-9.
- Strasser, B., Keinrad, M., Haber, P., & Schobersberger, W. (2009). Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults—a randomized controlled trial. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 121(23), 757-764.
- Takahashi, T., Sugie, M., Nara, M., Koyama, T., Obuchi, S. P., Harada, K., ... & Ito, H. (2017). Femoral muscle mass relates to physical frailty components in community-dwelling older people. *Geriatrics & gerontology international*, 17(10), 1636-1641.
- Tomeleri, C. M., Souza, M. F., Burini, R. C., Cavaglieri, C. R., Ribeiro, A. S., Antunes, M., ... & Cyrino, E. S. (2018). Resistance training reduces metabolic syndrome and inflammatory markers in older women: A randomized controlled trial: 老年女性抗阻训练可减少代谢综合征以及炎症标志物: 一项随机对照试验. *Journal of diabetes*, 10(4), 328-337.
- Torres, H. M. L., Sepúlveda, Y. L., Aguilar, J. L. V., & Pérez, R. H. (2015). Factores psicosociales que inciden en la depresión del adulto mayor. *Medimay*, 21(1), 65-74.

- Torres, I. R., & Herrera, J. A. C. (2011). El envejecimiento humano activo y saludable, un reto para el anciano, la familia, la sociedad. *Revista Cubana de investigaciones biomedicas*, 30(3), 354-359.
- Vaca García, M. R., Gómez Nicolalde, R. V., Cosme Arias, F. D., Mena Pila, F. M., Yandún Yalamá, S. V., & Realpe Zambrano, Z. E. (2017). Estudio comparativo de las capacidades físicas del adulto mayor: rango etario vs actividad física. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(1), 1-11.
- Valdés Labrador, Y., Calderón Villa, Y., Carmenate Figueredo, Y., Tejera Concepción, J. F., & Bermúdez Chaviano, M. (2020). Condición física funcional en adultos mayores hipertensos. *Conrado*, 16(77), 451-460.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 25(1), 17-25.
- Vélez, E. E. E., Centeno, M. R. F., Zevallos, M. G. V., & Vélez, J. A. S. (2019). El envejecimiento del adulto mayor y sus principales características. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 58-74.
- Villanueva, A. M., & Fernández, J. F. (2005). Prescripción de la actividad física en personas mayores: Recomendaciones actuales. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (377), 29-29.
- Villareal, D. T., Aguirre, L., Gurney, A. B., Waters, D. L., Sinacore, D. R., Colombo, E., ... & Qualls, C. (2017). Aerobic or resistance exercise, or both, in dieting obese older adults. *New England Journal of Medicine*, 376(20), 1943-1955.

- Wallerstein, L. F., Tricoli, V., Barroso, R., Rodacki, A. L., Russo, L., Aihara, A. Y., ... & Ugrinowitsch, C. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *Journal of aging and physical activity*, 20(2), 171-185.
- Wewege, M. A., Thom, J. M., Rye, K. A., & Parmenter, B. J. (2018). Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*, 274, 162-171.
- Zampieri, S., Pietrangelo, L., Loeffler, S., Fruhmann, H., Vogelauer, M., Burggraf, S., ... & Kern, H. (2015). Lifelong physical exercise delays age-associated skeletal muscle decline. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 70(2), 163-173.
- Zunzunegui, M. V., Alvarado, B. E., Béland, F., & Vissandjee, B. (2009). Explaining health differences between men and women in later life: A cross-city comparison in Latin America and the Caribbean. *Social science & medicine*, 68(2), 235-242.

ANEXOS

Consentimiento informado

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA:

Uso de información personal programa efectos de un programa de entrenamiento concurrente de 12 semanas sobre diferentes manifestaciones de fuerza, la capacidad funcional, la composición corporal, el perfil de lípidos sanguíneos la capacidad cardiovascular y calidad de vida en adultos mayores con factores de riesgo cardiovascular

Estimado(a) Señor/Señora: _____ No registro: _____

Introducción/Objetivo:

El objetivo del programa es primero diagnosticar la capacidad funcional, la capacidad cardiorrespiratoria, la composición corporal, diferentes manifestaciones de fuerza (potencia muscular), el perfil lipídico metabólico y calidad de vida; Segundo evaluar los efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre diferentes manifestaciones de fuerza, la capacidad funcional, la composición corporal, el perfil de lípidos sanguíneos la capacidad cardiovascular y calidad de vida en adultos mayores con factores de riesgo cardiovascular. Un tercer objetivo es promover el ejercicio para la salud como parte integral de los adultos mayores como parte de los propósitos de la Universidad Autónoma de Sinaloa de promover, difundir y extensión de la ciencia en nuestra población y sociedad.

Procedimientos:

Si usted acepta participar en el estudio, ocurrirá lo siguiente:

- Realizará evaluaciones antes (febrero-marzo del 2019) y después (julio del 2019) del programa de entrenamiento concurrente sobre la capacidad funcional, la capacidad cardiorrespiratoria, la composición corporal, diferentes manifestaciones de fuerza (potencia muscular), el perfil lipídico metabólico y calidad de vida son valoraciones diagnósticas de la capacidad individual del participante, en conjunto con la información del historial clínico, pruebas de laboratorio, mediciones de composición corporal y antropométricas, el propósito será obtener un diagnóstico acerca de la salud integral, la capacidad física y funcional de cada persona para la prescripción y programación del programa de fuerza muscular.
- Se le tomarán registro de frecuencia cardíaca (FC), presión arterial (T/A) y pulso oxímetro en reposo (SaO₂) tras 10 minutos de reposo, a continuación, se realizarán los siguientes protocolos de esfuerzos submáximos y máximos:
- Valoración de la composición corporal y medidas antropométricas: realizará valoración de las medidas antropométrica de peso, talla y circunferencia cintura; la prueba de composición corporal con el método de impedancia bioeléctrica con el dispositivo Inbody 720.
- Salud mental y calidad de vida: La salud mental y calidad de vida se valorará con el cuestionario SF-36 versión corta.
- Valoración de la capacidad funcional: realizará evaluación de la capacidad funcional a través de las siguientes pruebas: caminar 30 metros, ir y venir en 3 metros (Up-and-Go) y Sentar y levantar (Sit-to-stand).
- Seguido se le aplicarán tres valoraciones de la fuerza máxima isométrica (FMI) con un descanso de 5 minutos entre cada intento, seguido de 10 minutos se valorará la máxima fuerza dinámica o una repetición máxima (IRM) en máquinas de leg extensión para extremidades inferiores en un ángulo de 90°-95° con el propósito de diagnosticar la fuerza muscular máxima para posteriormente, realizarle la prescripción programación individualizada. En un segundo día, se repetirán las valoraciones de FMI y IRM, seguida de la valoración de IRM se le valorará la manifestación de potencia muscular a porcentajes de intensidad relativa con cargas del 40 %, 50 %, 60 %, 60 %, 70 % y 80 % de IRM.
- Capacidad cardiorrespiratoria submáxima, se realizará una prueba de caminar 6 minutos. Deberá de recorrer la mayor distancia posible de acuerdo a su salud y capacidad física. Una vez recorrida la distancia y finalizada la prueba se le medirá la distancia recorrida, el esfuerzo auto-percibido con la escala de Borg de 0 a 10 puntos, y nuevamente se harán registro de FC, T/A, SaO₂ post-ejercicio justo al terminar la prueba.
- Segunda etapa del proyecto (abril a junio del 2019). Se realizará un programa de fuerza y capacidad aeróbica del 45 al 70 % de IRM y HR_{máx} con una frecuencia de entrenamiento de 2 días por semana para fuerza y 3 días para el entrenamiento cardiovascular Tras 12 semanas (3 meses) de haber iniciado el programa de concurrente se realizarán las evaluaciones de nuevo para hacer un comparativo con las evaluaciones iniciales.

Beneficios: Con su participación en esta investigación se le proporcionarán resultados de su capacidad física y funcional. Así mismo, contribuirá con los investigadores responsables en la generación de conocimiento que contribuya al desarrollo de estrategias terapéuticas para un envejecimiento exitoso, saludable e integral.

Confidencialidad: Toda la información que proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y no estará disponible para ningún otro propósito. Quedará identificado(a) con un número y no con su nombre. Los resultados de este estudio serán publicados con fines científicos, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a).

Riesgos Potenciales/Compensación: Los riesgos potenciales que implican su participación en este estudio son mínimos. Si alguno de los procedimientos durante las evaluaciones le hiciera sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho manifestarlo y de no realizarlo. Durante las evaluaciones físicas de fuerza y potencia muscular puede haber un riesgo mínimo ya que se presentarán dolor y fatiga muscular. Se le hace notificar que el material que se utilizará no causa ningún daño ni riesgo de lesión. Usted no recibirá ningún pago por participar en el estudio, y tampoco implicará algún costo para usted, excepto la valoración de su estado de salud clínico-médico que incluye las pruebas de laboratorio antes y después del programa de Septiembre a Diciembre del 2023.

Participación Voluntaria/Retiro: La participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento. Su decisión de participar o de no participar no afectará de ninguna manera la forma en cómo le tratan al acudir a su atención médica.

Números a Contactar: Si usted tiene alguna pregunta, comentario o preocupación con respecto al proceso o procedimiento del proyecto y programa de ejercicio físico, por favor comuníquese con el/la investigador/a responsable del proyecto: Dr. José Aldo Hernández Murúa (Cel: 6673902827). Si usted acepta participar en el estudio, le entregaremos una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar con dos testigos.

CONSENTIMIENTO PARA SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Su firma indica su aceptación para participar voluntariamente en el presente estudio.

Nombre del participante: _____ No. Registro: _____ Fecha: ___/___/___ Firma*: _____ <i>*En caso de incapacidad para firmar, firma del tutor o familiar.</i>
Nombre Completo del Testigo 1: _____ Dirección _____ Fecha: ___/___/___ Relación con el participante _____ Firma: _____
Nombre Completo del Testigo 2 (o familiar): _____ Celular: _____ Fecha: ___/___/___ Relación con el participante _____ Firma: _____