

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE DEPORTES**

**CAMPUS TIJUANA**



**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA  
COMBINADO CON LA SUPLEMENTACIÓN DE ESPIRULINA MÁXIMA SOBRE  
LA FUERZA, MASA MUSCULAR Y EL ÁNGULO DE FASE EN PERSONAS  
MAYORES.**

**Tesis  
para obtener el grado:**

**LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

**PRESENTA:**

**C. Flores Figueroa José de Jesús**

**Directora de Tesis:** Dra. Melinna Ortiz Ortiz

**Codirector de Tesis:** Dr. Luis Mario Gómez Miranda

**Tijuana, Baja California, Abril de 2024**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE DEPORTES  
CAMPUS TIJUANA

EFFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA COMBINADO  
CON LA SUPLEMENTACIÓN DE ESPIRULINA MÁXIMA SOBRE LA FUERZA,  
MASA MUSCULAR Y EL ÁNGULO DE FASE EN PERSONAS MAYORES.

Tesis

Para obtener el grado:

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

C. Flores Figueroa José de Jesús

COMITÉ DE TESIS

---

Dra. Melinna Ortiz Ortiz  
Presidente

---

Dr. Luis Mario Gómez Miranda  
Secretario

---

Dra. Rubí Cabrera Mejía  
Vocal

---

Dr. Roberto Espinoza Gutiérrez  
Vocal

---

Dra. Cecilia Guzmán Gutiérrez  
Vocal

Tijuana, Baja California, Abril de 2024

Copyright © 2024  
José de Jesús Flores Figueroa  
Derechos Reservados

## **Dedicatoria**

Dedico mi tesis a mis padres por su amor incondicional, apoyo y aliento a lo largo de mi vida. Espero que este logro cumpla el sueño que ellos imaginaron para mí.

A la Dra. Melinna que además de ser un pilar importante a lo largo de mi educación universitaria, me ayudó y dio seguimiento para completar con éxito este trabajo.

Al Dr. Luis Mario, mentor a lo largo de mi carrera universitaria, por sus incontables horas de reflexión, lectura, aliento y, sobre todo, paciencia durante todo este tiempo.

Al equipo docente de la Facultad de Deportes, cuya labor permite recibir y orientar a los alumnos en su desarrollo profesional.

A aquellos que generosamente ofrecieron su tiempo para participar como sujetos de investigación.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres por haberme inculcado desde temprana edad el valor de la perseverancia y la determinación para alcanzar mis sueños.

A la Dra. Melinna y al Dr. Luis Mario, quienes no solo fueron mis mentores en este proyecto, sino que también han sido mis guías desde el inicio de mi carrera en la institución. Sin su apoyo, esta meta no habría sido alcanzada.

A todos los profesores que me acompañaron durante este proceso, quienes me brindaron orientación y contribuyeron a mi desarrollo como profesional en mi campo.

A mi colega Alejandro, quien, desde el inicio de nuestra relación académica, me ha brindado su apoyo y siempre ha estado dispuesto a proporcionarme información y a acompañarme en cada paso de este extenso trayecto.

A aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de este proyecto, dedicando su tiempo y esfuerzo para que esta investigación fuera posible.

A la Facultad de Deportes, que no solo me ha brindado formación académica, sino que también me ha respaldado y acompañado en mi desarrollo, tanto profesional como personal, siempre ofreciendo apoyo cuando más se necesitaba.

## Índice

Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen .....	ix
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Marco Teórico .....	1
1.2 Antecedentes .....	8
1.3 Planteamiento del Problema .....	11
1.4 Pregunta de Investigación.....	12
1.5 Justificación.....	12
1.7 Objetivos .....	13
Capítulo 2. Metodología .....	14
2.1 Muestra .....	14
2.2 Diseño de Investigación .....	14
2.3 Variables e instrumentos.....	14
2.4 Procedimiento .....	15
2.5 Análisis estadístico.....	17
Capítulo 3. Resultados .....	18
Tabla 1 .....	18
Tabla 2.....	19
Capítulo 4. Discusión.....	22
Capítulo 6. Conclusiones.....	27
Recomendaciones para futuros estudios .....	27
Referencias .....	28
Anexos .....	39
Anexo A: Consentimiento informado.....	40
Anexo B: Percepción del esfuerzo OMNI-RES .....	41

**Índice de tablas**

Tabla 1	19
Tabla 2	20

**Índice de figuras**

Figura 1

21

## Resumen

**Introducción:** el envejecimiento es un proceso biológico que afecta a los seres vivos, conlleva una disminución en la capacidad funcional y cambios en la composición corporal, como la pérdida de masa muscular y el aumento de grasa. Se reconoce la importancia del ejercicio regular y la nutrición para contrarrestar estos efectos. **Objetivo:** determinar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza combinado con la suplementación de Espirulina Máxima (EM) sobre la fuerza, masa muscular y el ángulo de fase (AF) en personas mayores. **Metodología:** el estudio incluyó un total de ocho personas mayores como participantes. Se implementó un programa de entrenamiento de fuerza durante doce semanas, tres veces por semana. Todos los participantes recibieron 5g/día de EM. Las evaluaciones de la composición corporal se llevaron a cabo utilizando el dispositivo seca mBCA 525 basado en bioimpedancia multifrecuencia, las variables tomadas en cuenta fueron el porcentaje de masa muscular, masa musculoesquelética y el ángulo de fase. Para evaluar la fuerza, se utilizó el Senior Fitness Test. La fuerza de los miembros inferiores se evaluó mediante la prueba de levantarse y sentarse en una silla, donde la puntuación se determinó por el número total de sentadillas en 30 segundos. La fuerza de los miembros superiores se midió con la prueba de flexión de brazo en 30 segundos, donde la puntuación se basó en el número total de flexiones de codo ejecutadas correctamente en ese tiempo. Además, se evaluó la fuerza prensil utilizando un dinamómetro de mano hidráulico (Jamar J00105). El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software Jamovi v2.3.28.0, con un nivel de significancia alfa de 0.05.

**Resultados:** el promedio de edad de los participantes fue de 65.8 años ( $\pm 6.2$ ). La fuerza prensil aumentó de 19.6 kg ( $\pm 3.1$ ) a 20.3 kg ( $\pm 3.2$ ), seguida de un incremento en la fuerza en los miembros inferiores de 17.8 kg ( $\pm 3.4$ ) a 19.3 kg ( $\pm 3.3$ ) y en los miembros superiores de 18.0 kg ( $\pm 3.2$ ) a 19.3 kg ( $\pm 4.0$ ). No obstante estos cambios no fueron estadísticamente significativos. Por otra parte, no se observaron cambios significativos en el porcentaje de masa muscular (25.9%  $\pm 2.9$  a 25.7%  $\pm 2.4$ ) ni en la masa musculoesquelética (18.7 kg  $\pm 4.1$  a 18.4 kg  $\pm 3.0$ ). El ángulo de fase cambió de 6.0° ( $\pm 0.5$ ) a 5.8° ( $\pm 0.4$ ). Ninguna variable alcanzó significancia estadística ( $p > 0.05$ ). **Conclusión:** los resultados muestran que, tras un programa de entrenamiento de resistencia combinado con suplementación de espirulina durante 12 semanas, no se observaron mejoras significativas en la fuerza, masa muscular y ángulo de fase en personas mayores ( $p > 0.05$ ).

**Palabras clave:** persona mayor, entrenamiento de fuerza, espirulina máxima, masa muscular, ángulo de fase.

## **Capítulo 1. Introducción**

### **1.1 Marco Teórico**

El envejecimiento, es un proceso intrínseco y natural, que impacta a todos los organismos vivos. Se han explorado las causas subyacentes de este fenómeno, dando lugar al desarrollo de múltiples teorías destinadas a explicar este proceso gradual y adaptativo (Taormina et al., 2019). Este fenómeno puede explicarse como un proceso dinámico y natural que conlleva cambios en diversas esferas de la biología humana (Sgarbieri & Pacheco, 2017). La velocidad y la intensidad de estos cambios varían significativamente entre individuos, y no siempre están directamente ligados a la edad cronológica de cada persona (Chalise, 2019). Aspectos como el estilo de vida, la información genética y las condiciones ambientales juegan un papel más importante en el proceso de envejecimiento que la edad (Carabalí, 2021).

Múltiples teorías han abordado el fenómeno del envejecimiento, y hasta el momento, no se ha logrado proporcionar una explicación exhaustiva y completa de este proceso (Schmeer et al., 2019). En la literatura científica, se han identificado aproximadamente 300 teorías que intentan abordar los mecanismos y causas del envejecimiento. Sin embargo, la mayoría de estas teorías pueden agruparse en tres categorías principales: teorías programadas, teorías del error catastrófico y teorías combinadas, todas propuestas por diversos investigadores en el campo (da Costa et al., 2016). Estas categorías ofrecen distintas perspectivas sobre el envejecimiento.

Las teorías del envejecimiento programado postulan la existencia de mecanismos biológicos regulados por los genes que limitan la duración de la vida más allá de una edad específica predefinida en los seres humanos. Sugieren que el deterioro progresivo con la edad es intrínseco y deliberado, ya que una esperanza de vida determinada conlleva ventajas evolutivas (Trubitsyn, 2020). Aunque hasta la fecha no se ha identificado un gen único que controle exclusivamente este proceso, se respalda la idea de que el control genético del envejecimiento es un fenómeno multifactorial (Alencastro, 2021).

Las teorías del error catastrófico o del desgaste proponen que con el avance de la edad, surgen errores en los mecanismos de síntesis de proteínas, dando lugar a una producción anormal de las mismas. Todas estas teorías convergen en la asociación con un aumento en el estrés oxidativo, la activación crónica de procesos inflamatorios debido a la inmunosenescencia inducida por la continua exposición a antígenos, y un desequilibrio entre señales pro-apoptóticas y anti-apoptóticas (Yadav & Maurya, 2022). Sin embargo, es esencial destacar que se necesita una mayor evidencia científica para establecer una conexión sólida entre el aumento del estrés oxidativo y el proceso de envejecimiento.

Dentro de las teorías combinadas, se encuentran cuatro principios fundamentales: el envejecimiento es universal, ocurriendo en todos los individuos de todas las especies; es intrínseco, causado por factores endógenos y no depende de variables extrínsecas; es progresivo, manifestándose a lo largo de la vida; y debe ser perjudicial, es decir, fenómenos asociados con el envejecimiento sólo se consideran tales si no brindan ventajas a la persona (da Costa et al., 2016). No obstante, las

teorías combinadas visualizan el envejecimiento como un proceso interconectado a nivel de sistemas, regulado por una organización biológica (da Costa et al., 2016).

La delimitación de la etapa de vejez no está universalmente establecida; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en países desarrollados se considera que esta fase suele comenzar a los 65 años (Ünal & Özdemir, 2019). Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta edad puede variar según el país y sus políticas de salud pública. En el año 2020, a nivel global, la población de 65 años o más ascendía a 727 millones. Se proyecta que, en las próximas tres décadas, esta cifra se duplicará, alcanzando los 1.5 mil millones en el año 2050. Todas las regiones experimentarán un aumento en la población adulta desde el año 2020 hasta 2050 (Ünal & Özdemir, 2019).

Por otro lado, la fuerza muscular se refiere a la capacidad de los músculos para generar tensión y producir movimiento (Suchomel et al., 2018). Es esencial en la vida cotidiana para realizar actividades básicas como levantar objetos, mantener el equilibrio y moverse con facilidad (Suchomel et al., 2018). Además de facilitar la realización de tareas diarias, también está estrechamente relacionada con la capacidad funcional, que abarca la habilidad de llevar a cabo actividades sociales y personales de manera autónoma (Donate, 2020). Mantener niveles adecuados de fuerza muscular no solo mejora la calidad de vida al facilitar la realización de actividades diarias, sino que también reduce el riesgo de caídas, lesiones y discapacidades relacionadas con el envejecimiento (López-Jaramillo et al., 2022). Además, la fuerza muscular contribuye a un metabolismo saludable, ayuda a

mantener la masa ósea y promueve un envejecimiento activo y saludable (Castro-Coronado et al., 2021).

La importancia de la fuerza muscular en adultos mayores radica en su impacto directo en la calidad de vida y la autonomía funcional (Wang et al., 2020). Con el envejecimiento, se experimenta una pérdida gradual de masa muscular y fuerza, lo que puede dificultar la realización de actividades cotidianas y aumentar el riesgo de caídas y lesiones (Angulo et al., 2020). Mantener una buena fuerza muscular en la vejez no solo mejora la capacidad para realizar tareas diarias como levantarse de una silla o subir escaleras, sino que también contribuye a la prevención de enfermedades crónicas como la osteoporosis y la sarcopenia (Castro-Coronado et al., 2021). Además, la fuerza muscular se relaciona directamente con la independencia funcional y la calidad de vida en la tercera edad, permitiendo a los adultos mayores mantener su independencia, participar en actividades sociales y disfrutar de una vida activa y saludable (Chiu et al., 2020). Por lo tanto, promover el fortalecimiento muscular a través de programas de ejercicio específicos para adultos mayores es fundamental para preservar la funcionalidad y la salud en esta etapa de la vida.

El ejercicio físico consiste en actividades planificadas y repetitivas que involucran movimiento corporal y que tienen como objetivo mejorar o mantener la salud y la condición física (Martínez et al., 2021). El ejercicio físico emerge como una estrategia fundamental para contrarrestar estos efectos del envejecimiento ya que promueve el fortalecimiento muscular, el crecimiento y la reparación de los tejidos musculares, aumenta la densidad ósea y mejora la coordinación y el equilibrio, lo

que contribuye a una mejor función muscular y una mayor resistencia física (Hishikawa et al., 2019). Un programa equilibrado debe abordar la mejora de la fuerza, flexibilidad y resistencia cardiovascular, requiriendo una evaluación física previa (Piva et al., 2023).

Entre las intervenciones sugeridas, el entrenamiento de fuerza destaca. Se recomienda una frecuencia de 2-3 días por semana, con una intensidad del 70-85% del 1RM y 2-3 sets por ejercicio (Hurst et al., 2022). Combinar el entrenamiento de fuerza con el cardiovascular puede ofrecer resultados más favorables (Gorzeltz et al., 2020). Métodos adicionales, como TRX, entrenamiento con peso corporal, uso de bandas de resistencia y entrenamiento mixto, también han demostrado mejorar la fuerza muscular y la capacidad funcional en personas mayores (Cannataro et al., 2021).

Por otra parte, la composición corporal se refiere a la distribución de diferentes tejidos en el cuerpo humano, incluyendo el porcentaje de grasa corporal, la masa muscular y la masa musculoesquelética. El porcentaje de masa muscular indica la proporción de tejido muscular en relación con el peso total del cuerpo, mientras que la masa musculoesquelética se refiere a la masa de los músculos y los huesos. Estas variables son cruciales para la salud y el funcionamiento del cuerpo, ya que la masa muscular es fundamental para la fuerza, la movilidad y el metabolismo, mientras que el exceso de grasa corporal puede aumentar el riesgo de enfermedades crónicas (Willoughby et al., 2018).

La composición corporal en la etapa de la vejez, refleja una transformación en la distribución de tejidos y masa (Khan et al., 2017). Con el avance de la edad, se

observa un aumento en el porcentaje de grasa corporal, concomitante a una disminución en la masa muscular y pérdida de masa magra libre de grasa (Tagliafico et al., 2022). Este fenómeno, relacionado con el nivel de actividad física y el estilo de vida, no solo impacta la estética física, sino que también desempeña un papel crucial en la capacidad funcional y la salud general de los individuos mayores (Tagliafico et al., 2022).

Para contrarrestar estos cambios y fortalecer el efecto positivo de las intervenciones mediante ejercicio físico, se han integrado las intervenciones nutricionales. Por ejemplo, la suplementación con proteína y leucina puede incrementar la masa muscular y la fuerza en personas mayores con sarcopenia (Gielen et al., 2021). La creatina, combinada con el entrenamiento de fuerza, ha demostrado beneficios para el aumento de masa muscular y fuerza, así como la prevención de la sarcopenia en personas mayores (Forbes et al., 2021).

La EM, es un tipo de alga azul-verde, ha surgido como un suplemento dietético debido a su perfil nutricional y sus posibles beneficios para la salud (da Silva et al., 2021). Rica en proteínas de alta calidad, vitaminas, minerales y antioxidantes, la EM también contiene compuestos bioactivos como ficocianinas y clorofila, que poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (da Silva et al., 2021). Se sugiere que la EM puede tener efectos positivos en la salud cardiovascular, fortalecer el sistema inmunológico, apoyar la desintoxicación del cuerpo y favorecer la pérdida de peso (Nobari et al., 2022). Su fácil disponibilidad en forma de suplementos ha contribuido a su creciente popularidad como una opción dietética y nutricionalmente beneficiosa (Gurney & Spendiff, 2022).

En cuanto a los métodos para evaluar la composición corporal en adultos mayores, estos implican el uso de diversas herramientas y métodos especializados. Entre las técnicas se encuentran la absorciometría dual de rayos X, que proporciona medidas precisas de la masa ósea, grasa y magra; la pletismografía de desplazamiento de aire, que mide el volumen corporal total y la bioimpedancia eléctrica (BIA), que evalúa la composición a través de la resistencia eléctrica de los tejidos. Estas herramientas, respaldadas por su eficacia y precisión, permiten una evaluación completa y detallada de la composición corporal de cualquier individuo (Eglseer et al., 2023).

La BIA se basa en la medición de la resistencia eléctrica de los tejidos corporales, proporcionando información sobre la cantidad y distribución de la masa grasa y magra (Campa et al., 2021). La BIA es particularmente atractiva debido a su no invasividad, simplicidad y capacidad para realizar mediciones rápidas en entornos clínicos y comunitarios. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que diversos factores, como la hidratación y la actividad física, pueden influir en los resultados de la BIA, y su interpretación precisa requiere consideración de estos elementos. La evaluación de la masa muscular mediante BIA representa un enfoque práctico para comprender la composición corporal en personas mayores (Campa et al., 2021).

El AF, una medida obtenida a través de la bioimpedancia eléctrica (BIA), refleja la velocidad a la que la corriente eléctrica atraviesa los tejidos del cuerpo (Kwon et al., 2023). En adultos mayores, un AF más bajo puede indicar una disminución en la calidad de la masa magra, mientras que valores más altos sugieren una proporción

mayor de tejido magro en buen estado (Norman et al., 2023). Esta métrica se convierte así en un indicador valioso para evaluar la calidad de la masa muscular y su relación con la salud global durante el proceso de envejecimiento (Akamatsu et al., 2022). Además, el AF puede proporcionar información sobre el estado de hidratación del individuo y tiene implicaciones clínicas en la detección de la sarcopenia y otros trastornos relacionados con el envejecimiento, lo que subraya su importancia en la evaluación integral de la salud en personas mayores (Norman et al., 2023).

## 1.2 Antecedentes

Diversas investigaciones han abordado intervenciones que integran actividad física y suplementación para optimizar la masa muscular, la fuerza y el AF en personas mayores. El estudio de Gorzelitz et al. (2022) encontró que el levantamiento de pesas se asoció con un riesgo 9% menor de mortalidad por todas las causas y enfermedades cardiovasculares en adultos mayores. Incluso entre aquellos que no realizaban actividad física aeróbica, el levantamiento de pesas se vinculó con una reducción del 9 al 22% en la mortalidad. Además, los adultos mayores que combinaban el levantamiento de pesas con ejercicio aeróbico experimentaron el riesgo más bajo de mortalidad.

En una investigación reciente, Mertz et al. (2021), llevaron a cabo un estudio sobre la suplementación con proteína en personas mayores de 65 años, durante un período de un año. En este estudio, se compararon dos grupos: uno que recibió suplementación sin entrenamiento de fuerza y otro que combinó la suplementación con un programa de fuerza. Los resultados revelaron que el grupo que únicamente

recibió suplementación no experimentó mejoras en masa muscular ni fuerza. En contraste, el grupo que integró el entrenamiento de fuerza mostró mejoras significativas en ambas áreas.

Un estudio relevante realizado por Nobari et al. (2022), investigaron el efecto de 8 semanas de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y suplementación de EM en mujeres con sobrepeso u obesidad. Treinta mujeres sedentarias fueron asignadas a tres grupos: placebo con HIIT, grupo de EM y grupo combinado (CG). Se realizaron tres sesiones de HIIT por semana durante 8 semanas, mientras que los grupos de suplementación recibieron 6 g de EM en polvo diariamente. Se observó que, aunque el CG y el grupo de EM mostraron una reducción significativa en la masa libre de grasa, ambos grupos experimentaron un aumento en las concentraciones de IgA después del período de estudio. Estos hallazgos sugieren que la suplementación de EM junto con HIIT puede mejorar la composición corporal y mejorar la inmunidad humoral en mujeres con sobrepeso u obesidad.

Szulinska et al. (2017), llevaron a cabo un estudio doble ciego controlado con placebo en 50 pacientes obesos con hipertensión tratada, donde se administró 2 g de EM o un placebo diario durante tres meses. Los resultados mostraron una disminución significativa en la masa corporal, el IMC y la circunferencia de la cintura en el grupo de EM, así como una reducción significativa en el LDL-C y la concentración de IL-6. Además, se observó una mejora considerable en el estado antioxidante total y la sensibilidad a la insulina en el grupo de EM en comparación con el grupo placebo.

Morabi et al. (2017), realizaron una revisión sistemática y metaanálisis para evaluar el efecto de la suplementación con EM en adultos con obesidad. Los resultados de los estudios analizados mostraron una reducción significativa en el peso después de la suplementación con EM, siendo mayor la pérdida en sujetos obesos que en aquellos con sobrepeso. Además, se observó una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de la cintura. Estos hallazgos sugieren que la suplementación con EM puede ser efectiva para reducir el peso corporal, especialmente en individuos obesos.

Otra revisión sistemática realizada por Bohorquez-Medina et al. (2021), estudio sistemático tuvo como objetivo evaluar el impacto de la EM en el perfil lipídico, el metabolismo glucémico y los marcadores antiinflamatorios. Tras una búsqueda sistemática de ensayos controlados aleatorizados en diversas bases de datos, se analizaron siete estudios seleccionados que involucraban a 338 participantes. Los resultados mostraron que la suplementación con EM redujo significativamente los niveles de triglicéridos y colesterol total. Sin embargo, no hubo cambios significativos en los niveles de glucosa en sangre en ayunas ni hemoglobina glucosilada. Estos hallazgos sugieren que la suplementación con EM puede ser un tratamiento complementario beneficioso para mejorar los perfiles lipídicos en personas con trastornos metabólicos.

Ambas revisiones sistemáticas concluyen que aún no se ha establecido una dosis estándar para la suplementación de EM en la población. Sin embargo, al analizar todos los estudios disponibles, concluyen que una dosis adecuada oscila entre 2 y 14 gramos.

Por otra parte, el AF, se reconoce como un indicador de la integridad celular y la salud. Un estudio reciente investigó la relación entre la sarcopenia, el AF y el riesgo de mortalidad en personas de edad muy avanzada que residen en instalaciones de cuidado a largo plazo (Kwon et al., 2023). Se encontró que un bajo AF se vinculó con sarcopenia, mayor edad, malnutrición y volumen de sobrehidratación, emergiendo como un predictor relevante de la mortalidad.

La literatura destaca la eficacia de programas de entrenamiento de fuerza, particularmente cuando se combinan con suplementación nutricional, en mejora de la masa corporal, la capacidad funcional y reducir el riesgo de condiciones asociadas al envejecimiento. La combinación de un programa de entrenamiento de fuerza y la suplementación con EM se presenta como una estrategia para intervenir en aspectos claves del envejecimiento.

La inclusión de evaluaciones detalladas de la fuerza, masa muscular y AF en la investigación permitirá una comprensión más profunda de la respuesta del organismo a estas intervenciones, contribuyendo así al conocimiento científico sobre indicadores clave de salud en personas mayores.

### 1.3 Planteamiento del Problema

La pérdida de independencia funcional en personas mayores se asocia con la disminución de músculo, fuerza, equilibrio y resistencia cardiovascular (Castro-Coronado et al., 2021). Mantener y mejorar la capacidad funcional e independencia resulta esencial para motivar a la población de personas mayores y asegurar la autonomía en sus actividades diarias (El Assar et al., 2022). El término 'sarcopenia' se emplea para describir la pérdida de función y masa muscular en el músculo

esquelético (Rogeri et al., 2021), originada por la edad avanzada, comportamiento sedentario, enfermedades o nutrición inadecuada (Yuan & Larsson, 2023). La baja masa muscular predice caídas, fragilidad y un estado de salud deficiente, impactando directamente en la calidad de vida de las personas mayores (da Santana et al., 2021) La inactividad física contribuye a esta pérdida de masa muscular y capacidad funcional, subrayando la importancia de incluir un programa de actividad física para contrarrestar estos efectos (Talar et al., 2021). El entrenamiento de fuerza, probadamente eficaz para aumentar la capacidad funcional y masa muscular en personas mayores (Talar et al., 2021), se presenta como una intervención esencial. Por lo tanto, la salud de las personas mayores no debe basarse únicamente en la presencia o ausencia de enfermedades, sino también en su funcionalidad (Bahat et al., 2021), destacando la importancia de mantener y mejorar la capacidad funcional, masa muscular e independencia para motivar a las personas mayores y promover su autonomía en las actividades diarias (Bahat et al., 2021).

#### 1.4 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el impacto de un programa de entrenamiento de fuerza combinado con la suplementación de EM sobre la fuerza, masa muscular y el ángulo de fase en personas mayores?

#### 1.5 Justificación

Este estudio tiene como objetivo investigar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza, combinado con la suplementación de EM, en la fuerza, masa muscular y AF en personas de edad avanzada. Se pretende ampliar el

conocimiento científico al examinar específicamente cómo estas intervenciones afectan a esta población. Dada la relevancia del envejecimiento en la sociedad actual, comprender cómo estas intervenciones pueden influir en la implementación de estrategias para abordar los desafíos de salud asociados con el envejecimiento. También, los resultados podrían beneficiar a los profesionales de la salud, dando información para el diseño de programas de entrenamiento adaptados a personas mayores. Desde una perspectiva metodológica, este estudio también busca contribuir al campo de la gerontología al ofrecer información sobre métodos apropiados de evaluación para futuras investigaciones en este campo.

#### 1.6 Hipótesis

La hipótesis planteada sugiere que la combinación de un programa de entrenamiento de fuerza y la suplementación con EM incrementará de manera positiva y significativa la fuerza, masa muscular y el AF en las personas mayores.

#### 1.7 Objetivos

##### Objetivo general

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza combinado con la suplementación de EM sobre la fuerza, masa muscular y el AF en personas mayores.

## Capítulo 2. Metodología

### 2.1 Muestra

Participaron ocho personas mayores elegidas por conveniencia. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: i) que tuvieran una edad de 60 años o más, ii) estar en condiciones de practicar actividad física, iii) no padecer de una discapacidad que le impidiera tener la movilidad total de sus extremidades y iv) haber realizado todas las evaluaciones iniciales. Todos los participantes firmaron una carta de consentimiento voluntario (anexo A) en la que se les informó de las características del estudio y que eran libres de retirarse en el momento que ellos lo consideraran.

### 2.2 Diseño de Investigación

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo y adopta un diseño pre-experimental, ya que existe una intervención en un solo grupo que fue elegido por conveniencia.

### 2.3 Variables e instrumentos

#### Estatura

Para la estatura máxima se utilizó un estadímetro portátil (Modelo 214 Road Rod, Seca Corp., Hanover, MD, USA).

#### Fuerza

La fuerza prensil se evaluó utilizando un dinamómetro de mano hidráulico (Jamar J00105). Este mide la fuerza de agarre de forma isométrica y puede ajustarse al tamaño de la mano en cinco incrementos de media pulgada. La lectura de doble escala muestra la fuerza de agarre isométrica de 0 a 90 kg, con una aguja de

"retención de pico" que permanece en su lugar una vez que se suelta el agarre. Al momento de la medición, la articulación del codo del brazo dominante mantuvo un ángulo de 90°, de modo que su antebrazo apuntaba hacia adelante con el pulgar hacia arriba. Su muñeca estaba recta para que su mano estuviera apuntando hacia adelante o ligeramente hacia afuera. Se le pidió al participante que generara la mayor fuerza posible durante tres segundos. Se registró el mejor intento.

Otros parámetros de fuerza se evaluaron mediante la prueba del Senior Fitness Test (SFT) (Rikli & Jones 1999). Las variables que se tomaron en cuenta fueron: fuerza de miembros inferiores, evaluada por la prueba de levantarse y sentarse en una silla, la puntuación fue el número total de sentadillas en 30 segundos. Fuerza de miembros superiores, evaluada por la prueba de flexión de brazo en 30 segundos, la puntuación fue el número total de flexiones de codo ejecutadas correctamente en ese tiempo.

### Composición Corporal

El análisis de la composición corporal se determinó mediante el dispositivo seca mBCA 525 basado en bioimpedancia multifrecuencia.

Las variables que se tomaron en cuenta fueron el porcentaje de masa muscular, masa musculoesquelética y el ángulo de fase.

### 2.4 Procedimiento

Etapa 1. Se realizó el contacto con los participantes a través de un correo electrónico, explicando el programa de intervención, implicaciones éticas y el consentimiento informado, el cual fue firmado por ellos mismos.

Etapa 2. Se realizaron las evaluaciones basales de las variables estudiadas: fuerza y fuerza prensil a través del instrumento SFT y dinamómetro de mano respectivamente. Composición corporal: porcentaje de masa muscular, masa musculoesquelética y AF.

Etapa 3. Aplicación del programa de entrenamiento de la fuerza basado en la percepción del esfuerzo (Lagally & Robertson, 2006) (anexo B) y la suplementación con EM. Las sesiones fueron programadas a la misma hora y en un espacio donde se pudieran realizar los ejercicios con comodidad. Previo al inicio del programa de entrenamiento, hubo una semana de familiarización de los ejercicios, implementos, técnicas y la dosificación de las cargas basadas en la percepción del esfuerzo. El programa de entrenamiento de fuerza implementado en este estudio se llevó a cabo tres veces por semana durante un período de doce semanas. Cada sesión de entrenamiento consistió en tres fases distintas. La fase inicial comprendió un calentamiento de aproximadamente 10 minutos que incluyó ejercicios de coordinación y movilidad articular para preparar al cuerpo para la actividad principal. La fase medular consistió en un entrenamiento de fuerza de 45 minutos, donde se realizaron cinco ejercicios que abarcaron el tren inferior, superior y el tronco en modalidad de circuito. Se completaron entre 8 y 10 repeticiones de cada ejercicio, avanzando en el circuito hasta completar dos series de cada ejercicio. Se permitió un descanso de 3 minutos entre ronda. Las intensidades del entrenamiento se ajustaron según el esfuerzo percibido en una escala de 10 puntos, manteniéndose entre 6 y 7. La fase final consistió en un período de cinco minutos destinado a la vuelta a la calma, que incluyó ejercicios de relajación mediante estiramientos y

técnicas de respiración. Cada sesión de entrenamiento presentó variaciones en la selección de ejercicios para promover adaptaciones en todo el cuerpo. La suplementación consistió en 5g/día de EM para el grupo.

Etapa 4. Tras 12 semanas de aplicado el programa, se realizaron las evaluaciones finales de las variables estudiadas y se hizo un análisis estadístico de los resultados.

## 2.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el software Jamovi v2.3.28.0 (Jamovi Project, Sydney, Australia). Para reportar las características de la muestra, se aplicó estadística descriptiva con pruebas de media y desviación estándar. Para identificar el efecto de la intervención se realizó un análisis estadístico de estimación de las diferencias de las medias para muestras relacionadas. Se reportó la diferencia de las medias con intervalo de confianza del 95%, al igual que el tamaño del efecto estandarizado con intervalo de confianza del 95%. El valor alfa para la significancia estadística fue de 0.05.

### Capítulo 3. Resultados

En la Tabla 1 se presentan las características de la muestra, compuesta por ocho participantes. Todas las participantes fueron del sexo femenino, personas mayores de 60 años, con sobrepeso u obesidad y obesidad abdominal.

**Tabla 1**  
*Características de la muestra*

n=8	Media (DE)	Mínimo	Máximo
Edad (años)	65.8 (6.2)	56.0	77.0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	29,0 (3.0)	26.4	36.0
Cintura (cm)	89,7 (7.5)	78.4	102.0
Cadera (cm)	89,1 (8.2)	96.7	113.0
Masa grasa (%)	44,0 (5.3)	39.5	53.1
Grasa visceral (l)	2,1 (0.2)	1.7	2.6
Masa musculoesquelética (kg)	19,0 (4.1)	13.0	24.8
Ángulo de fase (°)	6,0 (0.5)	5.4	6.5
Fuerza Prensil (kg)	19,6 (3.1)	16.9	22.2
Fuerza tren inferior (reps)	17,8 (3,4)	14.9	20.7
Fuerza tren superior (reps)	18,0 (3,21)	15.30	20.6

Nota: n: tamaño de la muestra; DE, desviación estándar; IMC, Índice de Masa Corporal; cm: centímetros; %, porcentaje; kg, kilogramos; °, grados.; reps, repeticiones.

En la Tabla 2 se presentan los efectos del entrenamiento en diversas variables medidas antes (Pre) y después (Post) del programa de entrenamiento. Los resultados muestran que ninguna de las variables estudiadas experimentó cambios significativos después del programa de entrenamiento ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 2**

*Efecto del entrenamiento de fuerza combinado con espirulina máxima sobre las variables estudiadas*

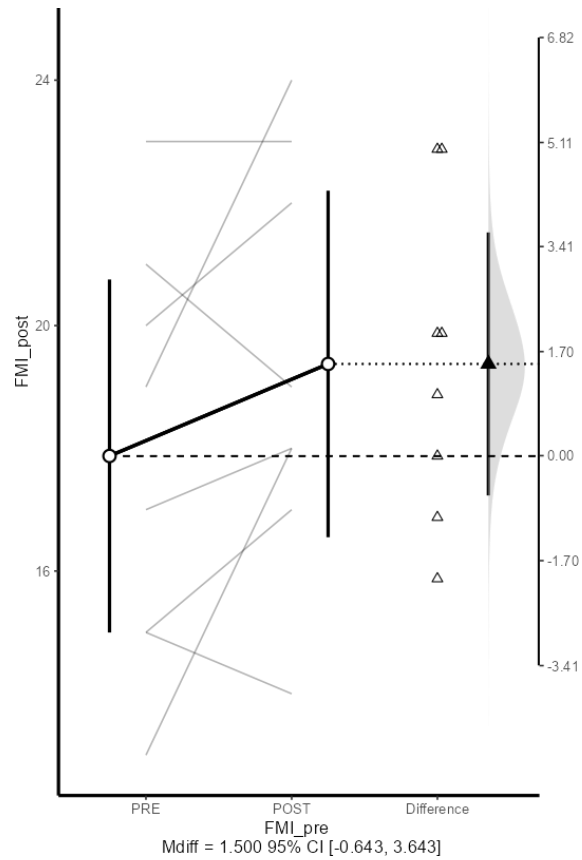
Variable	Pre	Post	$\Delta$ [95% IC]	$d_{unb}$ [95% IC]	p
	$\bar{X}$ (DE)	$\bar{X}$ (DE)			
Fuerza prensil (kg)	19.6 (3.1)	20.3 (3.2)	(-1.6, 3.1)	0.3 (-0.4, 0.9)	0.467
Fuerza miembros inferiores (kg)	17.8 (3.4)	19.3 (3.3)	1.5 (-0.6, 3.6)	0.4 (-0.1, 1.0)	0.142
Fuerza miembros superiores (kg)	18.0 (3.2)	19.3 (4.0)	1.3 (-2.4, 5.1)	0.3 (-0.5, 1.3)	0.419
Porcentaje masa muscular	25.9 (2.9)	25.7 (2.4)	-0.2 (-3.0, 2.6)	-0.7 (-1.0, 0.8)	0.864
Masa musculoesquelética (kg)	18.7 (4.1)	18.4 (3.0)	-0.2 (-2.3, 1.7)	-0.0 (-0.5, 0.3)	0.737
Angulo de fase (°)	6.0 (0.5)	5.8 (0.4)	-0.1 (-0.5, 0.3)	-0.2 (-1.1, 0.4)	0.466

---

Nota:  $\bar{X}$ , media; DE: desviación estándar;  $\Delta$  [95% IC], diferencia de las medias con intervalo de confianza del 95%;  $d_{\text{unb}}$  [95% IC], tamaño del efecto estandarizado; p: significancia estadística; kg, kilogramos; °, grados.

### Figura 1

Análisis de la fuerza en miembros inferiores (FMI) antes y después del programa de intervención.



*Nota:* En el gráfico se muestra la variable de fuerza en miembros inferiores (FMI) antes y después del programa de intervención, en la cual, no hubo diferencias significativas (1.5 95% IC [-0.64, 3.64]  $p > 0.01$ ).

## Capítulo 4. Discusión

En este estudio se observó que un programa de entrenamiento contra resistencia combinado con la suplementación de EM de doce semanas con una frecuencia de tres días a la semana, no mejoró la fuerza, masa muscular y el AF en personas mayores.

El metaanálisis de Zhao et al. (2022), proporciona un contexto importante para comprender por qué las variables de este estudio no mostraron mejoras significativas. Aunque este estudio utilizó un programa de entrenamiento de fuerza que incluyó el uso de mancuernas y peso corporal durante doce semanas, los resultados sugieren que la efectividad de los métodos de intervención puede variar. Según los hallazgos del metaanálisis, se observó que diferentes enfoques de intervención tuvieron efectos diversos en la fuerza prensil en personas mayores con sarcopenia. Específicamente, se encontró que el uso de bandas elásticas fue el método más efectivo. Además, el metaanálisis resalta la importancia de la duración y frecuencia de la intervención, sugiriendo que un ciclo de intervención de doce semanas y una frecuencia de al menos tres veces por semana podrían ser cruciales para obtener mejoras en la fuerza muscular. A pesar de que el presente estudio cumple con esta duración y frecuencia, es posible que la falta de mejoras significativas en las variables se deba a la necesidad de ajustar la implementación de materiales como bandas elásticas que promuevan resultados más efectivos.

Por otro lado, el metaanálisis de Labott et al. (2019), sugiere que los efectos del entrenamiento son más propensos a aparecer cuando las tareas evaluadas están estrechamente relacionadas con el contenido del entrenamiento. En este estudio,

aunque se implementó un programa de entrenamiento de fuerza estructurado, es posible que las mejoras no hayan sido significativas debido a la falta de ejercicios específicos para mejorar la fuerza prensil. Por ejemplo, existen estudios que observaron mejoras significativas en la fuerza prensil al trabajar la fuerza utilizando mancuernas, ya que de esta manera se trabaja la fuerza de prensil (Englund et al., 2005). A pesar de que en el presente estudio se incluyeron ejercicios con peso corporal y mancuernas, es posible que los pesos utilizados no demandaran un esfuerzo mayor para mejorar la fuerza prensil. Un ejemplo de esto es el estudio Song et al. (2013), los cuales implementaron un entrenamiento basado en un movimiento repetitivo de agarre al sostener un bastón, donde a pesar de haberse basado en desarrollar la fuerza prensil probablemente los ejercicios no fueron específicos ya que los autores de este estudio no encontraron mejoras significativas en esta variable.

Los hallazgos de este estudio y el análisis de las investigaciones citadas previamente en este apartado sugieren aplicar ejercicios en los cuales se trabaje la fuerza prensil con cargas individualizadas que permitan mejorar esta variable.

En el estudio de Vargas-Molina et al. (2022), reportaron mejoras en la fuerza de extremidades superiores e inferiores, a partir de dos métodos de entrenamiento (tradicional y ondulatorio) en personas mayores. Una de las posibles razones por las que en este estudio si observaron mejoras en esta variable, puede ser porque incluyeron un periodo de tres semanas de adaptación a los ejercicios, lo cual, permite trabajar con cargas adecuadas que propician mejorar la fuerza. Además, un especialista en nutrición les informó sobre las pautas dietéticas a adoptar. A pesar,

de que en este estudio se administró suplementación con EM, no se realizó ningún control sobre la alimentación de los participantes. Esto pudo ser una de las causas por las que no se observó aumento de la fuerza.

Por otra parte el estudio de Hernández Lepe. (2018) examinó los efectos independientes y sinérgicos de la suplementación con EM de 4.5g por día y un programa de ejercicio físico sistemático en la composición corporal y la aptitud cardiorrespiratoria de sujetos con sobrepeso y obesidad. Los resultados revelaron que tanto la suplementación con EM como el programa de ejercicio tuvieron efectos beneficiosos en la composición corporal y la aptitud cardiorrespiratoria en comparación con el grupo de control. Sin embargo, los sujetos con obesidad experimentaron beneficios más significativos en comparación con los sujetos con sobrepeso. Este hallazgo es coherente con la evidencia previa que indica que los individuos con obesidad tienden a experimentar mayores mejoras en comparación con aquellos que se encuentran en el rango de sobrepeso.

El IMC promedio de la población de este estudio, se sitúa en el rango de sobrepeso con un valor medio de 29.0, es importante reconocer que el IMC es solo un indicador de la composición corporal y que otros factores, como la salud metabólica y el nivel de condición física inicial, también pudieron influir en la ausencia de respuesta positiva a las intervención realizada en esta investigación.

En cuanto a la composición corporal, en el metaanálisis de Hsu et al. (2019), se observaron aumentos significativos en la masa musculoesquelética y el porcentaje de masa muscular en personas mayores con sarcopenia y obesidad luego de una intervención nutricional y de ejercicio. Los participantes que realizaron ejercicios de

fuerza y aeróbicos combinados mostraron un aumento mayor en estas variables en comparación con aquellos que solo realizaron un tipo de ejercicio. La falta de aumento significativo en estas dos variables en nuestro estudio podría atribuirse a la ausencia de ejercicios aeróbicos, los cuales demostraron ser efectivos cuando se combinaron con ejercicios de fuerza según los hallazgos del metaanálisis.

El AF ha cobrado relevancia en la evaluación clínica del estado nutricional y muscular en personas mayores (Di Vincenzo et al., 2021). Sin embargo, hay una escasez de literatura que aborde específicamente el uso de suplementación y ejercicios de fuerza en personas mayores con el objetivo de mejorar su AF. En este estudio, que combinó suplementación con EM y ejercicio en personas mayores, no se observaron mejoras significativas en el AF. Existen estudios que mencionan que una alimentación combinada con una educación nutricional, puede ser efectiva para mejorar el AF (Basiri et al., 2022), lo cual, puede ser una posible explicación del porqué en este estudio no se encontraron mejoras en esta variable.

Dentro de las fortalezas de este estudio, fue que proporciona una valiosa oportunidad para investigar los posibles efectos de la suplementación con EM combinada con un programa de entrenamiento de fuerza en personas mayores. Aunque no se observaron mejoras significativas en las variables estudiadas, los hallazgos preliminares de este estudio ofrecen una visión inicial sobre el potencial de la suplementación con EM en esta población. Estos resultados subrayan la necesidad de investigaciones futuras más amplias y detalladas para comprender mejor los efectos de la suplementación con EM en personas mayores y su interacción con programas de entrenamiento de fuerza.

Una limitación importante del presente estudio radica en el tamaño reducido de la muestra, lo cual puede afectar la generalización de los hallazgos a una población más amplia. La pequeña muestra podría haber limitado la capacidad de detectar cambios significativos en las variables medidas y aumentar el riesgo de sesgo en los resultados. Además, la muestra fue conformada solo por mujeres, lo que limita la comprensión de este estudio aplicado en personas mayores del sexo masculino.

## **Capítulo 6. Conclusiones**

El programa de entrenamiento de fuerza y suplementación con EM de doce semanas con una frecuencia de tres días por semana, no demostró mejoras en la fuerza prensil, fuerza en miembros inferiores y superiores, porcentaje de masa muscular, masa musculoesquelética, ni en el AF en mujeres mayores de edad. Sin embargo, la muestra reducida de este estudio es una de las limitaciones que se deberán tomar en cuenta en futuros estudios para confirmar estos hallazgos. Además, estos resultados manifiestan la complejidad de las respuestas individuales y sugieren la relevancia de estrategias personalizadas en futuras investigaciones.

### **Recomendaciones para futuros estudios**

- Explorar la eficacia de cargas específicas y personalizadas en programas de entrenamiento de fuerza para personas mayores, considerando diferentes niveles de condición física y capacidad funcional.
- Investigar el impacto de intervenciones dietéticas más amplias que incluyan modificaciones en la alimentación además de la suplementación, con el objetivo de optimizar los resultados en términos de fuerza, composición corporal y AF.
- Examinar los posibles mecanismos subyacentes de la suplementación con EM, así como su interacción con el ejercicio físico, para desarrollar intervenciones más precisas y personalizadas que maximicen los beneficios en la salud de las personas mayores.

## Referencias

- Akamatsu, Y., Kusakabe, T., Arai, H., Yamamoto, Y., Nakao, K., Ikeue, K., Ishihara, Y., Tagami, T., Yasoda, A., Ishii, K., & Satoh-Asahara, N. (2022). Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 13(1), 180–189. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12860>
- Alencastro, J. A. P. (2021). Envejecimiento: Consideraciones generales sobre sus teorías biológicas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 140-164.
- Angulo, J., El Assar, M., Álvarez-Bustos, A., & Rodríguez-Mañas, L. (2020). Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox biology*, 35, 101513. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101513>
- Bahat, G., Kilic, C., Eris, S., & Karan, M. A. (2021). Power versus sarcopenia: associations with functionality and physical performance measures. *The journal of nutrition, health & aging*, 25, 13-17.
- Basiri, R., Spicer, M. T., Ledermann, T., & Arjmandi, B. H. (2022). Effects of Nutrition Intervention on Blood Glucose, Body Composition, and Phase Angle in Obese and Overweight Patients with Diabetic Foot Ulcers. *Nutrients*, 14(17), 3564. <https://doi.org/10.3390/nu14173564>
- Bohórquez-Medina, S. L., Bohórquez-Medina, A. L., Zapata, V. A. B., Ignacio-Cconchoy, F. L., Toro-Huamanchumo, C. J., Bendezu-Quispe, G., ... & Hernandez, A. V. (2021). Impact of spirulina supplementation on obesity-

related metabolic disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *NFS Journal*, 25, 21-30.

Campa, F., Gobbo, L. A., Stagi, S., Cyrino, L. T., Toselli, S., Marini, E., & Coratella, G. (2022). Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 122(3), 561-589.

Cannataro, R., Carbone, L., Petro, J. L., Cione, E., Vargas, S., Angulo, H., ... & Bonilla, D. A. (2021). Sarcopenia: etiology, nutritional approaches, and miRNAs. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9724.

Carabalí, S. M. (2021). *Vejez y teorías del envejecimiento*. In Salud, Vejez Y Discapacidad, Universidad Santiago de Cali.

Castro-Coronado, J., Yasima-Vásquez, G., Zapata-Lamana, R., Toloza-Ramírez, D., & Cigarroa, I. (2021). Características de los programas de entrenamiento de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia. Revisión de alcance. *Revista Española de Geriátría y Gerontología*, 56(5), 279-288.

Chalise, H. N. (2019). Aging: basic concept. *American Journal of Biomedical Science and Research*, 1(1), 8-10.

Chiu, C. J., Hu, J. C., Lo, Y. H., & Chang, E. Y. (2020). Health Promotion and Disease Prevention Interventions for the Elderly: A Scoping Review from 2015-2019. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5335. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155335>

- da Costa, J. P., Vitorino, R., Silva, G. M., Vogel, C., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). A synopsis on aging—Theories, mechanisms and future prospects. *Ageing research reviews, 29*, 90-112.
- da Silva, S. P., do Valle, A. F., & Perrone, D. (2021). Microencapsulated *Spirulina maxima* biomass as an ingredient for the production of nutritionally enriched and sensorially well-accepted vegan biscuits. *Lwt, 142*, 110997.
- de Santana, F. M., Premaor, M. O., Tanigava, N. Y., & Pereira, R. M. R. (2021). Low muscle mass in older adults and mortality: A systematic review and meta-analysis. *Experimental gerontology, 152*, 111461. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111461>
- Di Vincenzo, O., Marra, M., Di Gregorio, A., Pasanisi, F., & Scalfi, L. (2021). Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in sarcopenia: a systematic review. *Clinical Nutrition, 40*(5), 3052-3061.
- Donate, F. I. (2020). La sarcopenia y la mejora de la capacidad funcional del adulto mayor. *Innovación e Investigación en Actividad Física y Deporte para Mayores, 101*.
- Eglseer, D., Traxler, M., Embacher, S., Reiter, L., Schoufour, J. D., Weijs, P. J. M., Voortman, T., Boirie, Y., Cruz-Jentoft, A., Bauer, S., & SO-NUTS consortium (2023). Nutrition and Exercise Interventions to Improve Body Composition for Persons with Overweight or Obesity Near Retirement Age: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of Randomized Controlled

Trials. *Advances in nutrition*, 14(3), 516–538.

<https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.04.001>

El Assar, M., Álvarez-Bustos, A., Sosa, P., Angulo, J., & Rodríguez-Mañas, L. (2022). Effect of physical activity/exercise on oxidative stress and inflammation in muscle and vascular aging. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8713.

Englund, U., Littbrand, H., Sundell, A., Pettersson, U., & Bucht, G. (2005). A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. *Osteoporosis International*, 16, 1117-1123.

Tagliafico, A. S., Bignotti, B., Torri, L., & Rossi, F. (2022). Sarcopenia: how to measure, when and why. *La Radiologia medica*, 127(3), 228–237.  
<https://doi.org/10.1007/s11547-022-01450-3>

Forbes, S. C., Candow, D. G., Ostojic, S. M., Roberts, M. D., & Chilibeck, P. D. (2021). Meta-analysis examining the importance of creatine ingestion strategies on lean tissue mass and strength in older adults. *Nutrients*, 13(6), 1912.

Gielen, E., Beckwée, D., Delaere, A., De Breucker, S., Vandewoude, M., & Bautmans, I. (2021). Nutritional interventions to improve muscle mass, muscle strength, and physical performance in older people: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrition reviews*, 79(2), 121-147.

- Gorzelitz, J. S., Malecki, K. M., & Cadmus-Bertram, L. A. (2020). Awareness of Physical Activity Guidelines Among Rural Women. *American journal of preventive medicine*, *59*(1), 143–145. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2020.01.022>
- Gorzelitz, J., Trabert, B., Katki, H. A., Moore, S. C., Watts, E. L., & Matthews, C. E. (2022). Independent and joint associations of weightlifting and aerobic activity with all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality in the Prostate, Lung, Colorectal and Ovarian Cancer Screening Trial. *British journal of sports medicine*, *56*(22), 1277–1283. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105315>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2020). Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *50*(5), 893-907.
- Gurney, T., & Spendiff, O. (2022). Algae supplementation for exercise performance: Current perspectives and future directions for spirulina and chlorella. *Frontiers in nutrition*, *9*, 865741.
- Hernández-Lepe, M. A., López-Díaz, J. A., Juárez-Oropeza, M. A., Hernández-Torres, R. P., Wall-Medrano, A., & Ramos-Jiménez, A. (2018). Effect of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* Supplementation and a Systematic Physical Exercise Program on the Body Composition and Cardiorespiratory Fitness of Overweight or Obese Subjects: A Double-Blind, Randomized, and Crossover Controlled Trial. *Marine drugs*, *16*(10), 364. <https://doi.org/10.3390/md16100364>

- Hishikawa, N., Takahashi, Y., Fukui, Y., Tokuchi, R., Furusawa, J., Takemoto, M., Sato, K., Yamashita, T., Ohta, Y., & Abe, K. (2019). Yoga-plus exercise mix promotes cognitive, affective, and physical functions in elderly people. *Neurological research*, 41(11), 1001–1007. <https://doi.org/10.1080/01616412.2019.1672380>
- Hsu, K. J., Liao, C. D., Tsai, M. W., & Chen, C. N. (2019). Effects of Exercise and Nutritional Intervention on Body Composition, Metabolic Health, and Physical Performance in Adults with Sarcopenic Obesity: A Meta-Analysis. *Nutrients*, 11(9), 2163. <https://doi.org/10.3390/nu11092163>
- Hurst, C., Robinson, S. M., Witham, M. D., Dodds, R. M., Granic, A., Buckland, C., ... & Sayer, A. A. (2022). Resistance exercise as a treatment for sarcopenia: prescription and delivery. *Age and ageing*, 51(2), afac003.
- Jiang, F. L., Tang, S., Eom, S. H., Lee, J. Y., Chae, J. H., & Kim, C. H. (2023). Distribution of bioelectrical impedance vector analysis and phase angle in Korean elderly and sarcopenia. *Sensors*, 23(16), 7090.
- Kwon, Y. E., Lee, J. S., Kim, J. Y., Baeg, S. I., Choi, H. M., Kim, H. B., Yang, J. Y., & Oh, D. J. (2023). Impact of sarcopenia and phase angle on mortality of the very elderly. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 14(1), 279–287. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13128>
- Labott, B. K., Bucht, H., Morat, M., Morat, T., & Donath, L. (2019). Effects of exercise training on handgrip strength in older adults: a meta-analytical

- Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252-256. *review. Gerontology*, 65(6), 686-698.
- Lopez-Jaramillo, P., Lopez-Lopez, J. P., Tole, M. C., & Cohen, D. D. (2022). Muscular Strength in Risk Factors for Cardiovascular Disease and Mortality: A Narrative Review. *Anatolian journal of cardiology*, 26(8), 598–607. <https://doi.org/10.5152/AnatolJCardiol.2022.1586>
- Mahoney, F. I., & Barthel, D. W. (1965). Functional Evaluation: The Barthel Index. *Maryland State Medical Journal*, 14, 56-61.
- Martínez, M. Á. A., Montero, P. J. R., & Rodríguez, E. M. A. (2021). Efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente sobre la condición física, la autoestima, la ansiedad y la depresión de personas adultas-mayores. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (39), 1024-1028.
- Mertz, K. H., Reitelseder, S., Bechshoeft, R., Bulow, J., Højfeldt, G., Jensen, M., ... & Holm, L. (2021). The effect of daily protein supplementation, with or without resistance training for 1 year, on muscle size, strength, and function in healthy older adults: A randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 113(4), 790-800.
- Moradi, S., Ziaei, R., Foshati, S., Mohammadi, H., Nachvak, S. M., & Rouhani, M. H. (2019). Effects of Spirulina supplementation on obesity: A systematic

review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Complementary therapies in medicine*, 47, 102211.

Nobari, H., Gandomani, E. E., Reisi, J., Vahabidelshad, R., Suzuki, K., Volpe, S. L., & Pérez-Gómez, J. (2022). Effects of 8 weeks of high-intensity interval training and spirulina supplementation on immunoglobulin levels, cardio-respiratory fitness, and body composition of overweight and obese women. *Biology*, 11(2), 196.

Norman, K., Herpich, C., & Müller-Werdan, U. (2023). Role of phase angle in older adults with focus on the geriatric syndromes sarcopenia and frailty. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 24(3), 429–437. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09772-3>

Piva, T., Masotti, S., Raisi, A., Zerbini, V., Grazzi, G., Mazzoni, G., Belvederi Murri, M., & Mandini, S. (2023). Exercise program for the management of anxiety and depression in adults and elderly subjects: Is it applicable to patients with post-covid-19 condition? A systematic review and meta-analysis. *Journal of affective disorders*, 325, 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.12.155>

Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. *Journal of aging and physical activity*, 7(2), 162-181.

Rogeri, P. S., Zanella Jr, R., Martins, G. L., Garcia, M. D., Leite, G., Lugaresi, R., ... & Lancha Jr, A. H. (2021). Strategies to prevent sarcopenia in the aging process: Role of protein intake and exercise. *Nutrients*, 14(1), 52.

- Schmeer, C., Kretz, A., Wengerodt, D., Stojiljkovic, M., & Witte, O. W. (2019). Dissecting aging and senescence—current concepts and open lessons. *Cells*, 8(11), 1446.
- Sgarbieri, V. C., & Pacheco, M. T. B. (2017). Healthy human aging: intrinsic and environmental factors. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2017007.
- Song, M. S., Yoo, Y. K., Choi, C. H., & Kim, N. C. (2013). Effects of nordic walking on body composition, muscle strength, and lipid profile in elderly women. *Asian nursing research*, 7(1), 1-7.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Szulinska, M., Gibas-Dorna, M., Miller-Kasprzak, E., Suliburska, J., Miczke, A., Walczak-Gałezewska, M., ... & Bogdanski, P. (2017). Spirulina maxima improves insulin sensitivity, lipid profile, and total antioxidant status in obese patients with well-treated hypertension: a randomized double-blind placebo-controlled study. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 21(10).
- Taormina, G., Ferrante, F., Vieni, S., Grassi, N., Russo, A., & Mirisola, M. G. (2019). Longevity: lesson from model organisms. *Genes*, 10(7), 518.
- Talar, K., Hernandez-Belmonte, A., Vetrovsky, T., Steffl, M., Kalamacka, E., & Courel-Ibáñez, J. (2021). Benefits of resistance training in early and late

stages of frailty and sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Journal of clinical medicine*, 10(8), 1630.

Trubitsyn, A. G. (2020). The mechanism of programmed aging: the way to create a real remedy for senescence. *Current Aging Science*, 13 (1), 31–41.

Ünal, E., & Özdemir, A. (2019). Old Age and Aging. *Recent Studies in Health Sciences*, 414.

Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Romance, R., Petro, J. L., Jiménez-García, J. D., Bonilla, D. A., Kreider, R. B., & Benítez-Porres, J. (2022). Traditional and Undulating Periodization on Body Composition, Strength Levels and Physical Fitness in Older Adults. *International journal of environmental research and public health*, 19(8), 4522. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084522>

Vikberg, S., Sorlen, N., Branden, L., Lagerros, Y. T., Hellénus, M. L., Sundbom, M., & Karlsson, J. (2019). Beneficial effects of exercise training on body composition and metabolism. *Obesity Reviews*, 20(6), 1125-1136.

Wang, D. X. M., Yao, J., Zirek, Y., Reijnierse, E. M., & Maier, A. B. (2020). Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 11(1), 3–25. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12502>

Willoughby D, Hewlings S, Kalman D. Body Composition Changes in Weight Loss: Strategies and Supplementation for Maintaining Lean Body Mass, a Brief Review. *Nutrients*. 2018 Dec 3;10(12):1876. doi: 10.3390/nu10121876. PMID: 30513859; PMCID: PMC6315740.

- Yadav, S., & Maurya, P. K. (2022). Correlation Between Telomere Length and Biomarkers of Oxidative Stress in Human Aging. *Rejuvenation research*, 25(1), 25–29. <https://doi.org/10.1089/rej.2021.0045>
- Yuan, S., & Larsson, S. C. (2023). Epidemiology of sarcopenia: Prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism*, 144, 155533.
- Zhao H, Cheng R, Song G, Teng J, Shen S, Fu X, Yan Y, Liu C. (2022). The Effect of Resistance Training on the Rehabilitation of Elderly Patients with Sarcopenia: A Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*.19(23), 15491. doi: 10.3390/ijerph192315491. PMID: 36497565; PMCID: PMC9739568.

## Anexos

Anexo A: Consentimiento informado



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE DEPORTES**



**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Tijuana, B.C., a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_\_

**A quien corresponda:**

Yo \_\_\_\_\_ declaro que he sido informado e invitado a participar en la investigación denominada “Efecto de un programa de entrenamiento de fuerza combinado con la suplementación de espirulina máxima sobre la fuerza, masa muscular y el ángulo de fase en personas mayores.”

”Me han explicado los riesgos y beneficios que conlleva el participar en esta investigación, y al firmar, acepto estar de acuerdo con estos, así como que ni los investigadores ni la universidad serán responsables de cualquier afectación que pudiera surgir.

Me han explicado que la información registrada será confidencial, y que los nombres de los participantes serán asociados a un número de serie, esto significa que las respuestas no podrán ser conocidas por otras personas ni tampoco ser identificadas en la fase de publicación de resultados.

Estoy en conocimiento que los datos no me serán entregados y que no habrá retribución por la participación en este estudio, sí que esta información podrá beneficiar de manera indirecta y por lo tanto tiene un beneficio para la sociedad dada la investigación que se está llevando a cabo. Asimismo, sé que puedo negar la participación o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causa ni consecuencias negativas para mí. Acepto voluntariamente participar en este estudio y he recibido una copia del presente documento.

Si tiene alguna pregunta durante cualquier etapa del estudio puede comunicarse con José Flores, a1275349@uabc.edu.mx, 664-108-9507

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del participante

\_\_\_\_\_  
Firma del responsable del Proyecto

Anexo B: Percepción del esfuerzo OMNI-RES

