



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO DE FORMAS DINÁMICAS CON PESO COMPARADO CON UN PROGRAMA DE BAJA RESISTENCIA Y BAJA VELOCIDAD, PARA MEJORAR POTENCIA MUSCULAR DE EXTREMIDADES INFERIORES Y CAPACIDAD FÍSICA EN ADULTOS MAYORES FRÁGILES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS
EN INVESTIGACION CLINICA**

PRESENTA:

ROSA MARÍA CORTÉS GONZÁLEZ

Directores de Tesis: DR. JORGE E. HERRERA ABARCA

DR. JUAN ASBUN BOJALIL

Agosto de 2009



SIP-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 15:00 horas del día 21 del mes de agosto del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESM

para examinar la tesis de grado titulada:

"Efectividad de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad, para mejorar potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos frágiles"

Presentada por el alumno:

CORTÉS

Apellido paterno

GONZÁLEZ

materno

ROSA MARÍA

nombre(s)

Con registro:

B	0	5	1	1	4	1
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de:

Maestro en Ciencias en Investigación Clínica

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Juan Asbun Bojalil

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jorge Eduardo Herrera Abarca

Dra. Norma Estela Herrera González

Dr. Carlos Castillo Henkel

M. en C. Eduardo Guani Guerra

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Eleazar Lara Padilla



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 21 del mes Agosto del año 2009, el que suscribe **Rosa María Cortés González**, alumno (a) del Programa **Maestría en Ciencias en Investigación Clínica** con número de registro **B051141** adscrito a la **Escuela Superior de Medicina** manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Jorge Eduardo Herrera Abarca** y del **Dr. Juan Asbun Bojalil** y cede los derechos al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **rosy_cortes@yahoo.com**

Sí el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Rosa María Cortés González

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mis padres José y Catalina por su ejemplo de constancia, responsabilidad y compromiso con la vida, mis hermanos Gloria, José Luis, Francisco Javier, Alejandro y Teodoro por acompañarme en todos mis retos.

A mis profesores por orientar mis esfuerzos.

A los adultos mayores por darme ejemplos de vida.

Este trabajo fue realizado en el Hospital General de Zona No. 27 "Dr. Alfredo Badallo García" del Instituto Mexicano del Seguro Social, en México D. F. con número de registro R-2007-3503-1 y en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional bajo la Dirección del Dr. Jorge Herrera Abarca y el Dr. Juan Asbun Bojalil.

INDICE

Glosario.....	8
Relación de figuras y tablas	11
Resumen.....	13
Abstract	14
1. Introducción.....	15
2. Antecedentes	17
3. Justificación.....	25
4. Hipótesis	26
5. Objetivos	27
5.1. Objetivo General	27
5.2. Objetivos Particulares	27
6. Material y Métodos.....	28
7. Resultados	40
8. Discusión.....	55
9. Conclusiones.....	63
10. Perspectivas.....	64
11. Bibliografía	65
12. Anexos	69
12.1. Anexo No. 1	69
12.2. Anexo No. 2	70
12.3. Anexo No. 3.....	71
12.4. Anexo No. 4.....	72
12.5. Anexo No. 5.....	74
12.6 Anexo No. 6.....	75
12.7. Anexo No. 7.....	76
12.8 Anexo No. 8.....	77
12.9 Anexo No. 9.....	82
12.10. Anexo No. 10.....	88
12.11. Anexo No. 11.....	89
12.12. Anexo No. 12.....	90

12.13. Anexo No. 13.....91
12.14. Anexo No. 14.....92
12.15. Anexo No. 15.....93
12.16. Anexo No. 16.....94
12.17. Anexo No. 17.....95

GLOSARIO

Adulto mayor frágil: Persona hombre o mujer generalmente de edad mayor a, 75 años, que cursa con sarcopenia en consecuencia disminución en fuerza y potencia muscular, que tiene una o varias enfermedades crónicas, riesgo de caídas y complicaciones que limitan su independencia, que al ser evaluado con la batería corta de pruebas de capacidades físicas, generalmente obtienen un puntaje menor de 10 puntos.

Capacidades físicas: Capacidad se define como la capacidad plena de un individuo para cumplir con una tarea o una acción, en el adulto mayor se ha logrado valorar con una batería de pruebas propuesta por Guralnik y colaboradores, que demostró ser válida y confiable para evaluar capacidades funcionales. Incluye cuatro pruebas: levantarse cinco veces de una silla sin usar las manos, velocidad de la marcha en cuatro metros a paso normal, equilibrio en un pie y el *timed up & go* prueba de levántate y anda o prueba de Lázaro.

Concéntrico: Característica de la contracción muscular cuando el músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia, de forma tal que se acorta y moviliza una parte del cuerpo venciendo dicha resistencia.

Chaleco lastrado: chaleco al cual se incrementa el peso con barras de plomo, para realizar entrenamiento de fuerza y potencia muscular, al que se puede agregar hasta el 5% del peso corporal, en el caso de adultos mayores.

Dinamometría isocinética: Constituye un método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para desarrollar momento torsional de fuerza (pico del torque).

Efectividad: Capacidad de lograr un efecto deseado o esperado. Grado en el cual una intervención logra un resultado beneficioso en las condiciones de la práctica habitual en una población determinada.

Ejercicios de baja resistencia y baja velocidad. Ejercicios que son realizados contra una resistencia mínima y con una velocidad que implica que la fase concéntrica sea de 2 segundos, es decir movimiento lento, marcado.

Ejercicios dinámicos: Se caracterizan por generar movimiento articular pues los grupos musculares se acortan y elongan rítmicamente, generando una fuerza dentro del músculo relativamente pequeña, son ejercicios prolongados que se realizan con dependencia del oxígeno para la obtención de energía. El ejercicio dinámico de tipo aeróbico, es de larga duración, intensidad ligera moderada (individualizada para cada persona) y realizada con regularidad. Produce una serie de adaptaciones beneficiosas en el organismo, siendo considerado el tipo de ejercicio más recomendable.

Ejercicio isocinético: Es el que genera el rendimiento muscular voluntario máximo del músculo sano, en todo el campo cinético de la articulación, siempre que se realice en ausencia de dolor.

Escala de Barthel: escala empleada en personas de más de 60 años para evaluar su independencia para realizar actividades de autocuidado, como es bañarse, vestirse, comer, continencia de esfínteres y traslado, califica de con un máximo de 100 puntos que significa independencia, menos de 80 puntos dependencia leve y así hasta 20 puntos dependencia grave.

Escala de Lawton: Escala empleada para valorar en adultos mayores su relación con el entorno, independencia i necesidad de ayuda, para tomar transporte, cocinar, realizar aseo de casa, lavado de ropa, manejo de dinero y medicación, contestar teléfono.

Fuerza muscular: Capacidad para generar tensión intramuscular, frente a una resistencia, independientemente de que genere o no movimiento. Aquello que genera el músculo cuando se encuentra en un estado de contracción.

GDS: Geriatric Depression Scale, es una escala de tamizaje para depresión en adultos mayores, puntajes mayores de 5 en su versión corta de 15 ítems, significa sospecha de trastorno depresivo.

Isocinesia: Se basa en un trabajo muscular que se realiza a través de una tecnología que permite mover la articulación a una velocidad predeterminada fija y constante, devolviéndole al paciente una resistencia variable que se acomoda automáticamente a la fuerza que el individuo es capaz de generar, permite una valoración objetiva del funcionamiento y rendimiento muscular y articular.

Mini mental state examination de Folstein (MMSE): Escala de tamizaje para detección de deterioro cognitivo en adultos mayores, consta de 30 ítems, explora orientación, registro, cálculo, recuerdo diferido, lenguaje y construcción, puntajes

menores de 24 sugieren deterioro cognitivo, se ajusta con base en la escolaridad, menos de 8 años de escuela, el punto de corte es de 18.

Músculos extensores de miembros inferiores: Músculo extensor es aquel que aumenta el ángulo articular cuando se contrae, los músculos extensores de miembros inferiores comprenden los de rodilla y cadera. Los extensores de rodillas son: el recto anterior, vasto interno, vasto intermedio y vasto externo, que forman el cuádriceps. Los extensores de cadera son los músculos de la región posterior del muslo y comprenden el semitendinoso, semimebranoso y bíceps femoral, que constituyen los isquiotibiales y el glúteo mayor.

Músculos flexores de miembros inferiores: Músculo flexor es el que disminuye el ángulo articular cuando se contrae. Los flexores de rodilla son los isquiotibiales. Los músculos flexores de cadera son psoas ilíaco, sartorio, recto anterior y tensor de la fascia lata.

Pico torque: En la evaluación isocinética es la fuerza máxima producida durante todo el tiempo que dura la evaluación. Indica la capacidad máxima del músculo para desarrollar fuerza. Es inversamente proporcional a la velocidad.

Potencia muscular: Habilidad para realizar una fuerza muscular máxima en un periodo de tiempo corto. Cantidad de trabajo realizado en un tiempo dado.

Programa de ejercicios: Es una forma de actividad física que consiste en un movimiento corporal planificado, estructurado y repetitivo que tiene como finalidad el mantenimiento o la mejora de uno o más componentes de la forma física.

Velocidades de isocinesia: Son las velocidades del movimiento del brazo de la máquina de isocinesia, que pueden ser 30°, 60°, 90° , 120°, 180°, 300°. Las velocidades entre 60°y 120°permiten explorar la fuerza muscular y potencia del grupo bajo estudio.

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. Características Generales de Adultos mayores frágiles que aceptaron participar.

Tabla 2. Características basales de adultos mayores frágiles participantes.

Tabla 3. Mediciones basales de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles participantes.

Tabla 4. Mediciones basales de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles participantes.

Tabla 5. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco lastrado).

Tabla 6. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco lastrado).

Tabla 7. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Control).

Tabla 8. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Control).

Tabla 9. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, luego de 12 semanas de ejercicios.

Tabla 10. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, luego de 12 semanas de ejercicios.

Tabla 11. Pruebas de capacidades físicas antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios en adultos mayores frágiles.

Tabla 12. Cambio en capacidades físicas en adultos mayores frágiles, antes y después, por programa de ejercicio (chaleco lastrado y control) y entre grupos.

Fig. 1 Porcentaje de cambio total de potencia y fuerza muscular de extremidades inferiores, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig.2 Porcentaje de cambio en potencia y pico torque de músculos extensores y

flexores de rodilla, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig.3 Porcentaje de cambio en potencia muscular de músculos extensores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig.4 Porcentaje de cambio en potencia muscular de músculos flexores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig.5 Porcentaje de cambio en fuerza muscular (pico torque) de músculos extensores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig. 6 Porcentaje de cambio en fuerza muscular (pico torque) de músculos flexores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles.

Fig. 7 Prueba de levantarse de la silla cinco veces, en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control).

Fig. 8 Prueba de velocidad de la marcha en 4m, en adultos mayores frágiles antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control).

Fig. 9 Prueba de Equilibrio en un pie, en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control).

Fig. 10 Prueba de Lázaros (levántate y anda), en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control).

RESUMEN

Introducción: El ejercicio contra resistencia ha demostrado su eficacia para mejorar potencia muscular en adultos mayores frágiles, es necesario conocer su efectividad proporcionando la resistencia con un chaleco lastrado, bajo una supervisión parcial en casa.

Objetivo: Determinar la efectividad de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad para mejorar potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos mayores frágiles.

Pacientes y Métodos: Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado, en adultos mayores frágiles, con puntaje entre 4 y 10, en la Batería Corta de Pruebas de Capacidad Física. Fueron asignados a: Grupo con chaleco lastrado (GCh) de ejercicios de formas dinámicas con peso o Grupo Control (GC) de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad. Tres sesiones de ejercicio a la semana por 12 semanas, en casa. Se compararon cambios en potencia muscular de extensores y flexores de rodilla, con máquina de isocinesia CIBEX Norm, y en las pruebas de capacidad física, basal y a las doce semanas.

Resultados: Se incluyeron 8 pacientes en GCh y 7 en GC. Los porcentajes de cambio en potencia muscular total fueron de 195% y 40.96%, GCh y GC respectivamente ($p=0.30$). El GCh presentó mayor porcentaje de cambio en la potencia de músculos flexores de rodilla, 323.14% vs. 27.69% del GC ($p=0.23$), mientras que en el GC se observó en los extensores de rodilla, 109.6% vs. 67.57% del GCh ($p=0.39$). Los porcentajes de cambio que alcanzaron significación estadística se observaron en rodilla izquierda en ambos grupos ($p=0.04$). La prueba de capacidad física de levantarse de la silla, fue la que tuvo mejoría en GCh, con 19% de porcentaje de cambio ($p=0.004$).

Conclusiones: El programa con chaleco lastrado mejoró la potencia y fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, sin lograr demostrar su efectividad, pues no alcanzó significación estadística. La potencia calculada del estudio fue menor de 0.70, es probable que al incrementar la muestra se obtengan diferencias significativas. El grupo con chaleco lastrado sí mejoró en la prueba de levantarse de la silla.

ABSTRACT

Effectiveness of a program of dynamic forms with weight exercises compared with a program of low resistance and low speed to improve lower extremity muscle power and functional capacity in fragile older adults.

Introduction: The resistance exercise has demonstrated its efficacy to improve muscular power in older adults with frailty, is necessary to know its effectiveness with support a weighted vest, under a partial supervision in house.

Objective: To determine effectiveness of program dynamic forms with weight exercises compared with a program of low resistance and low speed to enhance lower extremity muscle power and functional capacity in fragile older adults.

Patients and Methods: A single blind randomized controlled clinical. Fragile older adults, with a Short Physical Performance Battery score between 4 and 10. Were assigned to Weighted Vest Group (WVG), of exercises of dynamic forms with weight, or Control Group (CG), of exercises of low resistance and low speed. Both groups exercised three times a week by 12 weeks, in home. Changes in muscle power of knee extensor and flexor were evaluated, with CIBEX Norm dynamometer, between basal and twelve weeks, in addition functional capacity tests were evaluated too.

Results: Eight patients in WVG and 7 in CG were included. Percentage change of total muscle power were 195% and 40,96%, WVG and CG respectively ($p=0.30$). WVG improved muscle power of knee flexors with percentage change 323,14% vs. 27,69% ($p=0.23$), while as in CG knee extensors showed percentage change was 109,61% vs. 67,57% of WVG ($p=0.39$). Percentage of change that reached statistical significance were observed in left knee in both groups ($p=0.04$). Chair rise test had improvement in WVG with 19% of percentage of change ($p=0.004$).

Conclusions: Program exercise with weighted vest improved muscle power of inferior extremities in older adults with frailty, but did not demonstrate its effectiveness, because it did not reach statistical significance. We calculated the power of study, was minor of 0,70, it is probable that when increasing the sample significant differences were obtained. The group with weighted vest improved in the chair rise test.

1. INTRODUCCION

Se realizó un estudio con un diseño de ensayo clínico aleatorizado, ciego simple, para determinar la efectividad de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad para mejorar la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física, en adultos mayores frágiles.

Los pacientes fueron invitados a participar a través de carteles que los hacían preguntarse si les faltaba fuerza en las piernas, se les evaluó con la batería de cuatro pruebas de capacidad física, propuesta por Guralnik y colaboradores, que consistían en: levantarse de la silla cinco veces sin apoyar las manos, velocidad de la marcha en cuatro metros a paso normal, equilibrio en un pie y el Timed up & go prueba de levántate y anda o prueba de Lázaro. Fueron potencialmente elegibles los que tuvieron un puntaje global entre 4 y 10, se les realizó valoración geriátrica integral, para descartar comorbilidad descompensada, deterioro cognitivo o depresión. Los potencialmente elegibles fueron invitados a participar, una vez que aceptaron y firmaron carta de consentimiento, fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos, mediante una tómbola.

Grupo I programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (empleó un chaleco lastrado al que se agregó 3% del peso corporal y realizó el ejercicio tan rápido como fuera posible), Grupo II programa de baja resistencia y baja velocidad (sólo utilizó el peso del propio cuerpo y el ejercicio lo realizó lentamente). Se hicieron mediciones de potencia muscular y fuerza de extensores y flexores de rodilla, con equipo de isocinesia CYBEX Norm.

Posteriormente fueron reunidos por para ser entrenados, cada grupo por separado, realizando todos los ejercicios, se les entregó un manual con la explicación de cada uno de los ejercicios, incluyendo una foto de los mismos, además de un diario para registrar su ejercicio.

Realizaron el ejercicio tres veces por semana, completando 3 grupos con diez repeticiones de cada ejercicio, por doce semanas. Se les indicó que debían consultar

ante cualquier duda. A las doce semanas se midió nuevamente potencia y pico torque, además de evaluar las pruebas de capacidad física.

Se llevó a cabo esta modalidad de programas en casa, por su factibilidad, pues los adultos mayores podrían adaptarlo a su actividad cotidiana y así tratar de probar su efectividad, además al tener la oportunidad de disponer de un chaleco lastrado para proporcionar la resistencia, en un futuro podría ser un medio accesible para más adultos mayores.

2. ANTECEDENTES

En México los adultos mayores representan el 8.3% de la población, con un crecimiento rápido, entre el 2005 y 2050 aumentarán a casi 26 millones de personas. La esperanza de vida actualmente es de 72.9 años para el hombre y 77.6 años para la mujer. Además la morbilidad de los adultos mayores se concentra en enfermedades crónico-degenerativas como diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial y cardiopatía isquémica, que sumadas al proceso de envejecimiento favorecen discapacidad y pérdida de la independencia. ^{1, 2, 3}

Por el sólo hecho de envejecer existe una inevitable pérdida progresiva del músculo esquelético, aun en adultos mayores sanos. La pérdida involuntaria del músculo esquelético que ocurre con la edad, se denomina *sarcopenia*, nombre que proviene del griego “sarco” por carne y “penia” por pérdida. Si bien la pérdida del tejido muscular es una consecuencia esperada por el envejecimiento, la reducción de la actividad física puede acelerarla y traer como resultado disminución de la fuerza y potencia muscular. ^{4, 5, 6}

La sarcopenia es el componente clave del llamado síndrome de fragilidad, que se define como el deterioro de múltiples sistemas, con disminución de la reserva y resistencia a factores estresantes, mayor vulnerabilidad en situaciones adversas y estado de riesgo para el desarrollo de dependencia funcional. ^{5, 7} Se han propuesto diversos mecanismos para explicar la sarcopenia entre los que están: pérdida de motoneuronas alfa, pobre ingesta de proteínas, inactividad física, disminución en la producción de testosterona, estrógenos, hormona de crecimiento y factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-1), aumento en citoquinas catabólicas y daño oxidativo por radicales libres. ^{4, 5, 7-9}

La masa muscular se pierde en forma lineal y progresiva a partir de la tercera década de la vida y puede ser de 35 a 40% entre los 20 y 80 años, pero es la disminución de la actividad física la que puede favorecer entrar en la espiral donde la disminución de la masa muscular, conduce a mayor compromiso funcional con mayor discapacidad, dependencia y más pérdida de masa muscular. ^{8, 10}

Las consecuencias clínicas de la sarcopenia son pérdida de función independiente, disminución en la velocidad para caminar, en la tolerancia al ejercicio y aumento en el riesgo de caídas, que son debidas a disminución en la fuerza y potencia muscular ^{5, 8,11} La pérdida de masa muscular con la edad es mayor en extremidades inferiores lo que ocasiona alteración en los patrones de actividad con importantes implicaciones para la movilidad funcional y discapacidad. ⁴

Un adulto mayor que presenta sarcopenia, se considera que tiene Síndrome de Fragilidad, y va a cursar con alteraciones en la movilidad funcional representada por una marcha lenta, ¹² que es una de las capacidades físicas que se han considerado dentro de una batería de pruebas para la evaluación de capacidades funcionales en adultos mayores, propuesta por Guralnik y colaboradores en 1994 ¹³ con la finalidad de identificar a los que presentan algún grado de discapacidad.

La batería de pruebas para la evaluación de capacidades funcionales de los adultos mayores incluye cuatro pruebas: levantarse de la silla cinco veces, velocidad de la marcha en cuatro metros a paso normal, equilibrio en un pie y el *timed "up & go"* prueba de levántate y anda o prueba de "Lázaro". Tal instrumento ha mostrado ser útil en la predicción de deterioro funcional, institucionalización y la mortalidad, consecuencias que se esperan en adultos mayores con síndrome de fragilidad, por ello puede ser utilizada para detectar adultos mayores con dicho síndrome, cuando los puntajes de sus pruebas son menores de los esperados. ¹³ Esta batería de pruebas se ha validado y se considera que es una herramienta útil para medir las capacidades físicas de adultos mayores que viven en la comunidad, que pueden estar en riesgo de mayor fragilidad o que cursan con fragilidad. ¹⁴

La sarcopenia presente en adultos mayores frágiles, genera discapacidad y dependencia por disminución en la fuerza muscular, pero sobretudo en la potencia muscular, por lo que es necesario incidir en ella pues se ha encontrado mayor relación entre potencia y función ¹⁵ que se traduce en mayor facilidad para desarrollar actividades básicas de vida diaria en las que el desplazamiento de cuerpo o sus segmentos es importante. ¹⁶

Recientemente la potencia muscular ha surgido como un tópico importante de investigación gerontológica, pues daños en la potencia muscular se han asociado con mediciones de funcionalidad y discapacidad. ¹⁷ La potencia muscular es un atributo fisiológico relacionado a la fuerza pero es diferente, la fuerza se define como la capacidad de generar tensión intramuscular frente a una resistencia, independientemente de que genere o no movimiento, la potencia muscular es la habilidad para realizar una fuerza muscular máxima durante un periodo de tiempo corto; la potencia muscular declina más rápidamente que la fuerza muscular con el envejecimiento. ^{17, 18}

En adultos mayores frágiles es necesario tratar la sarcopenia, se han ensayado numerosas intervenciones lo que refleja la complejidad de su etiología, se ha informado que la administración de testosterona en adultos mayores con hipogonadismo incrementa masa muscular y fuerza pero aumenta el riesgo de un cáncer de próstata, por lo que se limita su uso. La hormona de crecimiento incrementa masa muscular pero no fuerza, pero por sus efectos colaterales, costos y poca eficacia no se recomienda. ⁴

Hay cierta dificultad para determinar cuánto se debe al envejecimiento per se y cuánto a la inactividad física para generar la sarcopenia, pero está claro que un patrón regular de ejercicio ayuda a mantener la masa y fuerza muscular ⁶ pues se ha demostrado la capacidad de adaptación del músculo al ejercicio envejecido, esta capacidad se llama plasticidad muscular, que se observa incluso en personas mayores de 80 años y adultos mayores con fragilidad. ⁸

Para mejorar la situación funcional de los adultos mayores se hacen intervenciones con ejercicio que mejore la fuerza y potencia muscular, el equilibrio o la capacidad cardiopulmonar, existen diversas formas de ejercicio: a) ejercicio aeróbico; b) entrenamiento de fuerza o entrenamiento de resistencia; c) entrenamiento de equilibrio y d) regímenes combinados. ⁸

El entrenamiento de fuerza o también llamado de resistencia está constituido por ejercicios donde los músculos ejercen una fuerza contra una carga externa.

El entrenamiento de fuerza o entrenamiento de resistencia puede ser de:

- a. Baja intensidad cuando se emplea < de 40% de una repetición máxima (1RM) que se refiere a la máxima cantidad de fuerza que un grupo muscular puede generar en una sola contracción.
- b. Moderada intensidad, si emplea 40-60% de 1RM.
- c. Alta intensidad cuando se emplea >60% de 1RM.
- d. Progresivo: consiste en hacer incrementos graduales de peso en la carga externa, según va tolerando la persona.
- e. Entrenamiento de resistencia de baja velocidad, cuando se emplea mayor tiempo en la fase concéntrica, dicha fase se da cuando el músculo desarrolla la tensión suficiente para superar la resistencia, de forma que se acorta y moviliza una parte del cuerpo.
- f. Entrenamiento de resistencia de alta velocidad emplea menor tiempo en la fase concéntrica, generalmente se da al realizar el movimiento lo más rápido que sea posible.

El entrenamiento de fuerza o resistencia debe ser dirigido a grandes grupos musculares que son importantes para las actividades de vida diaria, incluyendo: hombros, brazos, columna, cadera y piernas. El equipo para realizarlo puede ser desde máquinas de resistencia, bandas elásticas hasta simples dispositivos como bolsas pegadas con Velcro en las muñecas y tobillos llena de arena o balines u objetos de la casa como botes de leche. ^{8, 19}

El entrenamiento de resistencia es la intervención más efectiva para mejorar masa y fuerza muscular, Yarasheski KE y cols. encontraron en adultos mayores frágiles, que fueron sometidos a un programa de entrenamiento de resistencia, que las vías de síntesis de proteínas musculares mantenían la capacidad de ser activadas. ²⁰

Numerosos estudios han informado incrementos en la fuerza con entrenamiento de resistencia progresivo, en adultos mayores. En un grupo de hombres de 60 a 72 años con un programa de entrenamiento de fuerza 3 días a la semana alcanzaron en promedio un incremento en la fuerza de flexores de rodilla de 227% y de extensores de

107%, en otro estudio el área muscular aumentó 11.4% y en la biopsia del músculo vasto lateral el área de fibras tipo I tuvo un incremento del 33% y la fibras de tipo II de 27.5%.¹⁹

Los estudios de entrenamiento de resistencia en adultos mayores que viven en la comunidad son diversos, en todos se encuentra incremento en la fuerza muscular^{21, 22, 23} algunos como Fielding y colaboradores en el 2002, investigaron potencia muscular y encontraron aumento de la misma hasta en 97% cuando el entrenamiento de resistencia de fue alta velocidad comparada con un programa de baja velocidad que también la incrementó pero sólo en 45%²³; en la mayoría de estos estudios para el programa de entrenamiento se emplearon máquinas especiales para ejercicio.

Por otra parte la eficacia del entrenamiento de resistencia ha sido demostrada en adultos mayores frágiles que generalmente viven en residencias asistidas, Fiatarone MA y colaboradores encontraron en un pequeño grupo de adultos mayores frágiles institucionalizados, que después de 8 semanas de ejercicio de resistencia con máquinas de entrenamiento, la fuerza del cuádriceps aumento 174%.²⁴ En otro estudio de Fiatarone MA y cols. con un diseño de ensayo clínico placebo controlado, llevado a cabo en adultos mayores frágiles con un programa de entrenamiento de resistencia por 10 semanas, incrementó la fuerza muscular en $113 \pm 8\%$ vs. $3 \pm 9\%$ del grupo sin ejercicio, también emplearon máquinas de entrenamiento.²⁵

El entrenamiento de resistencia se ha adaptado con base en realizar tareas específicas de movilidad, generalmente relacionadas con las actividades cotidianas como levantarse de una silla o de la cama, Alexander NB y colaboradores en 2001, demostraron que un programa de entrenamiento de resistencia con tareas específicas, que emplearon chalecos lastrados y bandas elásticas; en adultos mayores institucionalizados con limitaciones en la movilidad, mejoraron su habilidad, con disminución en el tiempo para levantarse de una silla o la cama, hasta en un 20%²⁶, cabe mencionar que aunque en este estudio no se hicieron mediciones de fuerza y potencia muscular con equipo específico (generalmente se emplean máquinas neumáticas de resistencia y se mide la potencia de una repetición máxima a diferentes

intensidades. ²¹⁾, emplearon la prueba de levantarse de la silla, que es una forma indirecta de medir la potencia muscular, porque se ejecuta cierto trabajo (levantar el peso del propio cuerpo) en el tiempo medido (potencia igual a trabajo por tiempo), la prueba consiste en levantarse de una silla con altura de 46cm, cinco veces tan rápido como sea posible, sin usar los brazos. Los valores referencia se han hecho con un grupo de adultos mayores voluntarios sin enfermedad, se han encontrado valores promedio de 9.1s con un intervalo de 5.4 - 19.4s. ^{12, 27}

Bean J y cols. en 2002 probaron una modalidad de ejercicio que consistió en subir escaleras con peso (proporcionado por un chaleco lastrado) en un diseño de ensayo clínico controlado y sus hallazgos sugieren que es de utilidad para mejorar potencia muscular de extremidades inferiores, aunque el incremento sólo fue del 17%, también encontraron mejoría en el desempeño funcional, medido con la batería de Guralnik y colaboradores, con el incremento de 1.14 puntos en el puntaje global y una reducción del tiempo para levantarse de la silla 5 veces de 6.2%, lo que indica mejoría. ¹⁷

Bean y cols. en 2004 ²⁸ realizaron otro estudio piloto con un diseño de ensayo clínico aleatorizado, para evaluar un programa de ejercicio de formas dinámicas empleando un chaleco al que se le agrega peso, para favorecer potencia muscular, balance y movilidad; se llevó a cabo en mujeres de 70 años o más que vivían en la comunidad, observaron mejoría en la potencia muscular de piernas a través de mediciones obtenidas a 75 -90% de una repetición máxima, además dicho programa mejoró la velocidad de la marcha y de levantarse de una silla, produciendo mayores cambios en el tiempo de levantarse de una silla ²⁹ El programa de ejercicios con peso se organizó con base en tareas funcionales normales, el adicionar peso fue para poner resistencia y el realizar el ejercicio tan rápido como fuera posible constituía la alta velocidad. Se comparó con un programa de baja resistencia y baja velocidad, el cual consistió en utilizar menor peso, sólo el proporcionado por el propio cuerpo y la baja velocidad significaba realizar la fase concéntrica en 2 segundos, es decir un poco más lenta, los programas de baja resistencia y velocidad también han demostrado incrementos en la fuerza y potencia muscular de 20 a 45%. ^{22, 23}

Con las evidencias de que un entrenamiento de resistencia de alta velocidad mejora la potencia muscular es necesario hacer estudios relacionados a su efectividad en adultos mayores que viven en la comunidad y tienen fragilidad física, tanto mujeres como hombres.

Consideramos que como se ha demostrado que los programas de entrenamiento de resistencia con la modalidad de alta velocidad tienen eficacia para mejorar la potencia muscular, se hace necesario probar su efectividad, con medios más factibles para adultos mayores frágiles de nuestra población, como sería un programa de entrenamiento de resistencia empleando el chaleco al que se agregue el peso y que pueda realizarse, en casa, en una condición más cotidiana viviendo en la comunidad. De conseguir demostrar su efectividad tendríamos opciones que ofrecer a los adultos mayores frágiles para mejorar su capacidad física y en un futuro conservar y mejorar su calidad de vida.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El envejecimiento conduce a la sarcopenia, componente principal de la fragilidad y que tiene como consecuencia disminución de fuerza y potencia muscular reflejada en una menor capacidad física.

El entrenamiento de resistencia, ha demostrado mejorar fuerza y potencia muscular, con aceptable seguridad, aunque se ha realizado principalmente con equipos específicos que pueden ser costosos y no están al alcance de nuestros adultos mayores frágiles.

Existen variantes de programas de ejercicio de formas dinámicas con peso, en las cuales se sugirió el uso de chalecos lastrados, lo cual facilitaría su aplicación, tanto por cuestiones económicas como por la posibilidad de realizarse en casa.

Luego entonces, la aplicación de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso, en el cual se utilicen chalecos lastrados, se traducirá en mejora de la potencia y fuerza muscular en adultos mayores frágiles.

¿Cuál es la efectividad de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad para mejorar la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos mayores frágiles?

3. JUSTIFICACIÓN

Con el crecimiento de la población de adultos mayores, que además según proyecciones de la CONAPO es rápido en nuestro país, y con una esperanza de vida que rebasa los 75 años, la posibilidad de que dichos adultos mayores desarrollen discapacidad, dependencia y disminución en su calidad de vida es mayor. El envejecimiento inevitablemente genera sarcopenia, que si se acompaña de inactividad física se hace mayor y genera Síndrome de Fragilidad. Es necesario tener intervenciones más factibles para limitar o mejorar la sarcopenia, puesto que el entrenamiento de resistencia o fuerza muscular ya ha probado su eficacia para lograrlo, pero generalmente se han empleado, programas totalmente supervisados y con equipos de entrenamiento, a los que no todos nuestros adultos mayores, sobretodo los frágiles podrían acceder, si obtenemos resultados positivos con un programa en casa que utilice como resistencia agregar peso al cuerpo a través de un chaleco lastrado, tendríamos la oportunidad de implementar en el modelo de atención integral de salud, de un adulto mayor frágil, la prescripción de ejercicio como si se indicara un dieta o un fármaco, con la vigilancia respectiva.

4. HIPÓTESIS

El programa de ejercicios de formas dinámicas con peso en adultos mayores frágiles mejorará la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en comparación con un programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar la efectividad de un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso comparado con un programa de baja resistencia y velocidad para mejorar la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos mayores frágiles.

5.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar cambios en la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos mayores frágiles en un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso.
- Determinar cambios en la potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en adultos mayores frágiles, en un programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad.
- Comparar los cambios en potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física entre adultos mayores frágiles, a las 12 semanas de los tipos de programa de ejercicios.
- Comparar los cambios en potencia muscular de extremidades inferiores y capacidad física en cada grupo de ejercicio, entre la basal y a las 12 semanas.
- Determinar los cambios en fuerza muscular (pico torque) de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles en un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso y en un programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad.
- Comparar los cambios en fuerza muscular entre los grupos al final de 12 semanas de duración.
- Comparar los cambios en fuerza muscular de extremidades inferiores en cada grupo de ejercicio entre el basal y las 12 semanas.

6. MATERIAL Y METODOS

6.1. Tipo de Estudio

DISEÑO: ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO

Por la intervención: Experimental

Método de Observación: Longitudinal

Por análisis: Comparativo de Causa-Efecto

Temporalidad: Prospectivo

Cegamiento de la maniobra: ciego simple

6.2. Ubicación Temporal y Espacial

El estudio se llevó a cabo en el Hospital General de Zona No. 27 “Dr. Alfredo Badallo García” del Instituto Mexicano del Seguro Social, ubicado en Eje Central Lázaro Cárdenas 445, Tlatelolco. Inició en Octubre de 2007 y terminó en Marzo de 2009.

Grupos de estudio.

Adultos mayores de 70 a 90 años, con fragilidad física, determinada por un puntaje entre 4 y 10 de la batería de pruebas de capacidad física, asignados aleatoriamente a dos grupos:

Grupo I: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso, que es el grupo que empleó un chaleco al que se agregó peso y realizó el ejercicio lo más rápido posible, (grupo Chaleco Lastrado)

Grupo II: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad, que empleó el peso del propio cuerpo y realizó el ejercicio lentamente, (grupo Control)

6.3. Criterios de Selección de la Muestra

Inclusión:

- Hombres o mujeres de 70 a 90 años.
- Procedentes de Unidades de Medicina Familiar 2, 3, 11 y 16 que refieren pacientes al Hospital General de Zona No. 27 IMSS
- Que tengan un puntaje en las pruebas de capacidad física entre 4 y 10.
- Que acepten participar firmando carta de consentimiento

No inclusión

- Adultos mayores con deterioro cognitivo determinado por un puntaje menor de 18 en el Examen cognoscitivo breve de Folstein.
- Con datos de depresión por tamizaje con Escala de depresión Geriátrica.
- Con insuficiencia cardiaca descompensada (clase funcional II a IV de la NYHA).
- Con anemia (hemoglobina menor de 12g/dl en mujeres y menor de 13 g/dl en hombres)
- Con infarto del miocardio en los últimos 6 meses.
- Con fracturas presentadas en los últimos 6 meses.
- Con diabetes mellitus tipo 2 descontrolada (glucosa mayor de 200mg/dl)
- Con hipertensión arterial descontrolada.
- Osteoartritis de columna, rodillas o cadera grado III.
- Claudicación por insuficiencia arterial.
- Insuficiencia venosa severa o Trombosis venosa profunda.
- Pie diabético.
- Hernia umbilical, inguinal sintomática.

Exclusión

- Que no cumpla por más de 2 semana con el programa de ejercicio.
- Que presente dolor asociado al programa de ejercicio.

Eliminación

- Que curse con un evento agudo de enfermedad independiente del programa de ejercicio y que necesite hospitalización.
- Retiro de Consentimiento informado.

6.4. Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE

Programa de ejercicio

Definición conceptual: Conjunto de actividades físicas organizadas en secuencias específicas con objeto de acondicionamiento, rehabilitación o competencia.

Categoría: Cualitativa

Escala de medición: Cualitativa nominal

Categorías de la variable:

- Programa de ejercicios de formas dinámicas con peso.
- Programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad.

Definición operacional:

Grupo I : Programa de ejercicio de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado)

- Calentamiento 5 a 10 minutos: movimientos de bajar y subir la cabeza, cuello hacia los lados, hombros hacia delante y atrás, extensión de brazos en forma diagonal.
- Rutina de ejercicios: levantarse de la silla, elevar los pies (flexión plantar), elevar la pelvis (parado sobre un bloque con altura de 5cm, con la rodilla extendida elevar la pelvis para tratar de tocar el piso con el otro pie), subir un escalón de 20cm alternadamente, sentadillas modificadas, empujarse en la pared.
- Recuperación 5 a 10 minutos: respirar profundo, sacudir piernas y brazos nuevamente respirar profundo.
- Los ejercicios se harán en tres grupos de 10 repeticiones con 1 a 2 minutos de reposo entre cada grupo. El componente concéntrico se llevará a cabo tan rápido como sea posible.
- Una vez que el adulto mayor aprendió y complete los grupos de ejercicio, se utilizará peso, un 2% de su peso corporal basal, este se colocará en un chaleco y será proporcionado por barras de plomo o hierro 230g, con incremento a 3% a las 8 semanas.
- Las sesiones de ejercicios serán de 30 minutos, 3 veces a la semana, con intervalos entre ellas no mayor a 48 horas. El programa de ejercicio durará 12 semanas.
- La percepción del ejercicio se llevará a cabo mediante la escala de Borg (**Anexo 1**) sin exceder 16 puntos.

Grupo II: Programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Grupo Control)

Consiste en ejercicios realizados en una silla, involucra grupos musculares superiores e inferiores:

- ◆ Calentamiento 5 a 10 minutos: movimientos de bajar y subir la cabeza, cuello hacia los lados, hombros hacia delante y atrás, extensión de brazos en forma diagonal.
- ◆ Rutina de ejercicios: Extensión unilateral de rodilla y flexión de cadera, levantarse de la silla, flexión plantar, flexión unilateral de rodilla, elevación de hombros, extensión de bíceps, compresión de tórax y extensión de tríceps.
- ◆ Recuperación 5 a 10 minutos: respirar profundo, sacudir piernas y brazos nuevamente respirar profundo.
- ◆ Todos los ejercicios serán llevados a cabo en posición sentada, excepto levantarse de la silla. Serán divididos en tres grupos de 10 repeticiones, con mínimo descanso entre cada grupo. Todos los ejercicios serán llevados a cabo lentamente con fase concéntrica de 2 segundos, seguidos por una pausa de un segundo.
- ◆ Las sesiones de ejercicios serán de 30 minutos, 3 veces a la semana, con intervalos entre ellas no mayor a 48 horas. El programa de ejercicio durará 12 semanas.
- ◆ La percepción del ejercicio se llevará a cabo mediante la escala de Borg, sin exceder 16 puntos.

VARIABLE DEPENDIENTE

1) Potencia muscular

Definición conceptual: Capacidad de un músculo para ejercer una fuerza o movimiento máximo en el menor tiempo posible.

Definición operacional: La potencia muscular será determinada mediante equipo especializado empleado en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro del IMSS, que consiste en una Máquina de Isocinesia CIBEX Norm . La medición será realizada por personal capacitado que no conocerá a qué grupo pertenece el adulto mayor valorado. Será realizada por un solo observador.

Categoría de la variable: Cuantitativa

Escala medición: Cuantitativa, continua.

Unidades de Medición: Watts

2) Capacidades Físicas

2.1 Prueba de levantarse de una silla

Definición conceptual: Prueba que sirve para evaluar la fuerza de miembros inferiores además de que refleja el equilibrio y la movilidad del sujeto.

Definición operacional: La prueba de levantarse de una silla, consiste en levantarse de una silla de 46 cm de altura, cinco veces tan rápido como sea posible, sin usar los brazos. Se tomará el tiempo invertido en segundos. Las mediciones se llevarán a cabo en la evaluación basal y a las, 8 y 12 semanas del programa de ejercicio. La medición se hará por personal capacitado que no conozca el tipo de programa lleva a cabo el adulto mayor.

Categoría de la variable: Cuantitativa.

Escala medición: Cuantitativa Continua

Unidades de Medición: Segundos (s)

2.2 Prueba de velocidad de la marcha

Definición conceptual: Prueba que mide la velocidad de la marcha a paso habitual.

Definición operacional: Se trazan tres líneas en el piso: una roja a cero metros (“línea de salida”) la siguiente a un metro y la última a cuatro metros. Se pide al participante que ponga los pies detrás de la línea de salida y que empiece a caminar cuando se le dé la orden. La orden de detenerse se dará hasta que pase por completo la línea que define cuatro metros. Si es necesario puede usar el apoyo habitual. La prueba se repite en dos ocasiones, la primera para que el sujeto se familiarice con la prueba y la segunda para registrar el tiempo, el cual comienza a correr al alcanzar la segunda línea hasta cruzar por completo la tercera.

Categoría de la variable: Cuantitativa.

Escala de medición: Cuantitativa, continua.

Unidades de medición: Segundos (s).

2.3 Prueba de equilibrio en un pie

Definición conceptual: Prueba para evaluar la capacidad de mantenerse en un pie el mayor tiempo posible.

Definición operacional: Sin zapatos y colocado a un metro de distancia de un muro, se pide al participante que coloque sus dos manos en la cadera y que guarde esta posición durante toda la prueba. Se le solicita que se sostenga sobre su pierna no dominante y que levante su otro pie a nivel de la pantorrilla (sin tocarla) y que mantenga esta posición el mayor tiempo posible. Para concluir, se repite el mismo proceso pero con la pierna dominante. El tiempo empieza a registrarse desde que se despega el pie del suelo y termina si apoya el pie, modifica la posición de sus brazos o mantiene esa postura por más de 60 segundos.

Categoría de la variable: Cuantitativa

Escala de Medición: Cuantitativa, continua

Unidades de Medición: Segundos (s)

2.4 Prueba de Levántate y Anda, *Timed up & go* o prueba de “Lázaro”

Definición conceptual: Prueba que evalúa de manera satisfactoria la movilidad y equilibrio de los adultos mayores.

Definición operacional: Se cronometra al sujeto desde que se levanta de una silla con apoyo brazos, camina tres metros, regresa a la silla y termina cuando de nuevo se encuentra sentado en la silla.

Categoría de la variable: Cuantitativa

Escala de Medición: Cuantitativa, Continua

Unidades de Medición: Segundos (s)

VARIABLE DE CONFUSIÓN

Adherencia al programa

Definición conceptual: Medida en que la conducta del paciente, en relación con la toma de medicación, el seguimiento de una dieta o la modificación de su estilo de vida coinciden con las indicaciones dadas por su médico

Definición operacional: Se pedirá al cuidador primario del adulto mayor incluido en los grupos de estudio, anote en un diario calendario, las sesiones de ejercicio realizadas, cada semana. En cada revisión de seguimiento se registrarán las anotaciones. Se considerará adherencia cuando se cumpla más del 85% de sesiones de ejercicio realizadas (6).

Categoría de la variable: Cualitativa

Escala medición: Cualitativa, Nominal

Unidad de medición: Si, No

Consumo de analgésicos

Definición conceptual: Ingesta de medicamentos para controlar e dolor.

Definición operacional: Se registrará el número de tabletas de paracetamol empleadas por el adulto mayor, para control del dolor relacionado con la realización de uno u otro programa de ejercicios.

Categoría de la variable: Cuantitativa

Escala medición: Cuantitativa, Discreta

Unidades de medición: Número de tabletas

VARIABLES CONCURRENTES

Comorbilidad

Definición conceptual: Situación de padecer dos o más enfermedades al mismo tiempo.

Definición operacional: Se registrarán las enfermedades que se refieran por el adulto mayor, además de consultar el expediente clínico.

Categoría de la variable: Cualitativa

Escala de medición: Cualitativa, Nominal, dicotómica

Unidades de medida: Diabetes mellitus, Neuropatía diabética, Hipertensión arterial

sistémica, Insuficiencia cardiaca, Osteoartrosis. (Si/No)

6.5. Tamaño de la Muestra

Variable dependiente: potencia muscular.

Con base en hallazgos del estudio piloto de Bean y cols. ²⁸

El programa de ejercicios con chaleco produce mejoría entre 12% - 36%

El programa de ejercicios que empleo peso del cuerpo 4% - 14%

Fórmula para proporciones de 2 muestras ²⁹

$Z_{\alpha} = 1.96$ valor α : 0.05

$Z_{\beta} = -1.28$ valor β : 0.20

p_1 : 0.10 proporción en grupo control

p_2 : 0.35 proporción en grupo de estudio

$p_2 - p_1$: 0.25, diferencia que se desea detectar

$$n = \frac{[Z_{\alpha} * \sqrt{2p(1-p)} + Z_{\beta} * \sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)}]^2}{(p_2 - p_1)^2}$$

Se obtiene una $n = 33$ pacientes por grupo más un 10% por potenciales pérdidas.

$N = 37$ por grupo

6.7. Análisis Estadístico

Hipótesis estadísticas:

H₀: El programa de ejercicios de formas dinámicas con peso y el programa de baja resistencia y velocidad son iguales para mejorar la potencia muscular y capacidad física en adultos mayores frágiles.

H_a: El programa de ejercicios de formas dinámicas con peso mejora con 20 por ciento de porcentaje de cambio, la potencia muscular y capacidad física comparado con un programa de baja resistencia y velocidad en adultos mayores frágiles.

El análisis se llevó a cabo con prueba de t para grupos independientes, para comparación de medias de potencia muscular entre grupos, con distribución normal, y en cuando no hubo distribución normal se empleó prueba de U de Mann Whitney. Para comparar los cambios de las mediciones basales de potencia muscular y a las 12 semanas, en el mismo grupo, se utilizará prueba de t pareada, pero igual que en la consideración anterior si la distribución no es normal se utilizará Prueba de Wilcoxon.

Para estimar la magnitud de cambio, se calcularon porcentajes de cambio con la

fórmula: $(\text{valor final} - \text{valor basal}) / \text{valor basal} \times 100$, se compararon medias del grupo con prueba de *t* de Student para grupos independientes o U de Mann Whitney.

Para la comparación de los cambios en el puntaje de la batería de pruebas de capacidad física se emplearon *t* de Student o U de Mann Whitney.

6.8. Descripción Operativa del Estudio

De 120 pacientes adultos mayores que acudieron a consulta externa del Hospital de Zona No. 27 “Dr. Alfredo Badallo” del IMSS que respondieron a la invitación a ser evaluados con las pruebas de capacidad física, a través de carteles (**Anexo 2**) que preguntaban si les interesaba conocer la fuerza de sus piernas o si ya sentían que les faltaba fuerza en las piernas.

- Las pruebas consistieron en en: a) prueba de levantarse de la silla b) velocidad de la marcha c) prueba de equilibrio en un pie y d) prueba de levántate y anda o prueba de Lázaro. El puntaje máximo de las pruebas es de 16, los potencialmente elegibles fueron los adultos mayores con puntaje entre 4 y 10 (**Anexo 3**).
- Se llevó a cabo una valoración geriátrica integral a cada paciente, integrando cuatro diagnósticos: biológico, funcional, mental y social. Para el diagnóstico biológico se hizo la historia clínica para identificar enfermedades crónicas o factores de riesgo cardiovascular u osteoarticular que pudieran contraindicar ingresar a un programa de ejercicio. El diagnóstico funcional valora capacidad para actividades básicas de vida diaria y se realizó con el Índice de Barthel (**Anexo 4**), el diagnóstico mental incluyó valoración cognoscitiva, para lo que se empleó el Mini mental State Examination de Folstein (**Anexo 5**) y la valoración del estado psicoafectivo con la escala de depresión Geriátrica GDS (**Anexo 6**).
- De no existir contraindicación para ingresar a un programa de ejercicio se explicó al paciente y a su cuidador primario en que consistiría su participación, y al aceptar se obtuvo la firma de la carta de consentimiento informado (**Anexo7**).

Los adultos mayores que tuvieron un puntaje entre 4 y 10 fueron 70, se les consideró como frágiles y potencialmente elegibles, sólo pudieron aceptar 16 pacientes.

- Se asignaron en forma aleatoria, mediante una tómbola, a uno de los dos grupos de ejercicio, 8 al Grupo I de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso

(chaleco lastrado) y 8 al Grupo II programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (control).

- Fueron enviados al Hospital de Medicina Física y Rehabilitación Centro del IMSS, para mediciones de potencia muscular y fuerza (pico torque) muscular de extensores y flexores de rodillas, evaluación basal.
- Se reunió a cada grupo por separado, para explicar en que consistía el programa de ejercicios paso a paso, realizando cada uno de ellos, además de dar una manual con todas las instrucciones, incluyendo fotografías de cada ejercicio a realizar y un diario de ejercicio para su registro.

PROGRAMA DE EJERCICIOS DE FORMAS DINÁMICAS CON PESO. (Anexo 8)

- Calentamiento 5 a 10 minutos: movimientos de bajar y subir la cabeza, cuello hacia los lados, hombros hacia delante y atrás, extensión de brazos en forma diagonal.
- Rutina de ejercicios: levantarse de la silla, elevar los pies (flexión plantar), elevar la pelvis (parado sobre un bloque con altura de 5cm, con la rodilla extendida elevar la pelvis para tratar de tocar el piso con el otro pie), subir un escalón de 20cm alternadamente, sentadillas modificadas, empujar el tórax apoyándose en la pared a 40cm de la misma.
- Recuperación 5 a 10 minutos: respirar profundamente, sacudir piernas y brazos, respirar profundamente.
- Los ejercicios se realizaron en tres grupos de 10 repeticiones con 1 a 2 minutos de reposo entre cada grupo. El componente concéntrico se llevó a cabo tan rápido como fuera posible.
- Una vez que el adulto mayor aprendió la rutina, se utilizó peso, un 2% de su peso corporal basal, este se colocó en un chaleco al que se agregaron barras de hierro de 230 g, en la revisión a las 8 semanas se incrementó a 3%.
- Las sesiones de ejercicios fueron de 30 minutos, 3 veces a la semana, con intervalos entre ellas no mayor a 48 horas. El programa de ejercicio duró 12 semanas.
- La percepción del ejercicio se llevó a cabo mediante la escala de Borg, sin exceder 16 puntos.

PROGRAMA DE EJERCICIOS DE BAJA RESISTENCIA Y BAJA VELOCIDAD

(Anexo9)

Consistió en ejercicios realizados en una silla, involucrando grupos musculares superiores e inferiores:

- ◆ Calentamiento 5 a 10 minutos: movimientos de bajar y subir la cabeza, cuello hacia los lados, hombros hacia delante y atrás, extensión de brazos en forma diagonal.
 - ◆ Ejercicios: Extensión unilateral de rodilla y flexión de cadera, levantarse de la silla, flexión plantar, flexión unilateral de rodilla, elevación de hombros, extensión de bíceps, compresión de tórax y extensión de tríceps.
 - ◆ Recuperación 5 a 10 minutos: respirar profundamente, sacudir piernas y brazos, respirar profundamente.
 - ◆ Todos los ejercicios fueron realizados en posición sentada, excepto levantarse de la silla. Se dividieron en tres grupos de 10 repeticiones, con mínimo descanso entre cada grupo. Todos los ejercicios se llevaron a cabo lentamente con fase concéntrica de 2 segundos, seguidos por una pausa de un segundo.
 - ◆ Las sesiones de ejercicios fueron de 30 minutos, 3 veces a la semana, con intervalos entre ellas no mayor a 48 horas. El programa de ejercicio duró 12 semanas.
 - ◆ La percepción del ejercicio se llevó a cabo mediante la escala de Borg, sin exceder 16 puntos.
- Se hicieron revisiones con valoración geriátrica integral basal y a las 8 y 12 semanas, para registrar cambios o síntomas relacionados con sus enfermedades y con el ejercicio, los pacientes tenían instrucciones de solicitar ayuda ante cualquier duda o malestar, se registraron los datos la hoja correspondiente **(Anexo 10)**.
 - Se registraron resultados de exámenes básicos al inicio y 12 semanas del programa, incluyeron biometría hemática completa, química sanguínea, colesterol, albúmina, para una vigilancia de las condiciones de comorbilidad y verificar seguridad del ejercicio.
 - A las 12 semanas fueron enviados nuevamente al Hospital de Medicina Física y Rehabilitación Centro del IMSS, para la medición final de potencia y fuerza muscular

de extensores y flexores de rodilla. Fueron instruidos de no mencionar en qué tipo de programa se encontraban, al terapeuta que realizó las mediciones.

ASEGURAMIENTO DE LA INTERVENCIÓN

Para tener control del apego al programa de ejercicio se hicieron visitas al domicilio para observar la ejecución, llamadas telefónicas y se revisó el diario de ejercicio.

7. RESULTADOS

Se estudiaron 8 pacientes en el Grupo de ejercicios de formas dinámicas con peso y alta velocidad (Chaleco Lastrado) y 7 en el Grupo de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Control), con características basales semejantes excepto en la edad, pues fueron de mayor edad los del grupo de intervención, la condición corporal y bioquímica sin diferencias así como el número de diagnósticos de enfermedades crónicas (Tabla 1).

Tabla 1. Características Generales de Adultos mayores frágiles que aceptaron participar.

Variable	Grupo Chaleco Lastrado n = 8	Grupo Control n = 7	P*
Edad media \pm DE	81.37 \pm 3.11	76.85 \pm 4.52	0.04
Sexo femenino n (%)	3(37.5)	5(71.4)	0.31
IMC media \pm DE	26.14 \pm 2.32	27.71 \pm 2.60	0.24
Comorbilidad n (%)			
- Diabetes mellitus 2	5(62.5)	3(42.9)	0.61
- Hipertensión	5(62.5)	3(42.9)	0.61
- Neumopatía	4(50)	2(28.6)	0.60
- Osteoartrosis	5(62.5)	2(28.6)	0.31
Número de diagnósticos media \pm DE	2.62 \pm 1.06	2.14 \pm 0.89	0.36
Perfil Bioquímico media \pm DE			
- Hemoglobina g/dL	14.51 \pm 1.44	14.18 \pm 1.27	0.96
- Albúmina g/dL	3.93 \pm 0.65	3.78 \pm 0.50	0.62
- Colesterol mg/dL	168.50 \pm 37.50	195.14 \pm 33.69	0.17

* Prueba de t Student , chi cuadrada; DE: desviación estándar

Ambos grupos tenían independencia para actividades básicas de vida diaria evaluadas con escala de Barthel, pero el grupo de intervención presentó menor puntaje en escala de Lawton, que implicó dependencia para actividades instrumentales de vida diaria, no tuvieron sospecha de deterioro cognitivo o depresión. Las pruebas de capacidades físicas y el puntaje global sin diferencias significativas en situación basal, pero con valores que reflejaban fragilidad física (puntaje global menor de 10) (Tabla 2).

Tabla 2. Características basales en adultos mayores frágiles participantes.

Variable	Grupo chaleco Lastrado n = 8	Grupo Control n = 7	P*
	Media \pm DE		
Barthel	96.87 \pm 7.03	95.71 \pm 5.34	0.72
Lawton	4.12 \pm 1.8	6.85 \pm 1.57	0.008
Mini Mental State Examination	26 \pm 3.29	28.14 \pm 2.41	0.18
GDS	3.62 \pm 2.44	3.85 \pm 2.96	0.87
Capacidades físicas:			
- Levantarse de la silla (segundos)			
- Velocidad de marcha, m/s	14.43 \pm 4.50	13.36 \pm 1.44	0.54
- Velocidad de la marcha	1.64 \pm 0.38	1.46 \pm 0.26	0.32
- Equilibrio en un pie (segundos)	4.93 \pm 1.15	4.40 \pm 0.78	0.32
- Prueba de Lázaro (segundos)	1.35 \pm 0.76	2.56 \pm 2.07	0.14
	15.05 \pm 3.69	13.56 \pm 4.40	0.48
Puntaje Global de Capacidades Físicas (0-16)	5.75 \pm 1.58	6.14 \pm 1.86	0.66

* Prueba de *t* Student; DE: desviación estándar; GDS: Geriatric Depression Scale; Velocidad de la marcha: tiempo invertido en caminar 3m.

En cuanto a las mediciones iniciales de potencia muscular (Watts) de extremidades inferiores, realizadas con el equipo de isocinesia en tres diferentes velocidades (60°, 90° y 120°) sólo hubo diferencia con significación estadística en potencia de extensores izquierdos a la velocidad de 60°, siendo mayor en el grupo con chaleco lastrado, (Tabla 3).

Tabla 3. Mediciones basales de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles participantes.

Variable	Chaleco Lastrado n = 8	Control n = 7
Potencia (Watts)	Media ± DE	Media ± DE
Extensores Izquierdos		
▪ 60°	26.68 ± 12.0 *	15.15 ± 6.39
▪ 90°	30.85 ± 18.89	14.21 ± 7.73
▪ 120°	34.42 ± 25.97	17.51 ± 8.68
Extensores Derechos		
▪ 60°	19.05 ± 13.73	14.86 ± 7.48
▪ 90°	24.66 ± 16.90	16.40 ± 9.24
▪ 120°	20.17 ± 19.19	19.46 ± 7.59
Flexores Izquierdos		
▪ 60°	12.87 ± 14.25	13.32 ± 3.81
▪ 90°	13.83 ± 15.19	15.52 ± 4.42
▪ 120°	14.15 ± 20.02	16.15 ± 5.85
Flexores Derechos		
▪ 60°	9.43 ± 11.02	12.9 ± 6.49
▪ 90°	14.03 ± 16.26	14.48 ± 10.04
▪ 120°	13.83 ± 20.86	14.48 ± 8.92

DE: desviación estándar; * p=0.04 prueba U Mann Whitney

En las mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en específico el pico torque, en las diferentes velocidades, en general fueron un poco mayores en los músculos extensores del grupo con chaleco lastrado, pero sólo con significación estadística en extensores izquierdos a 90°, los extensores derechos tuvieron valores muy semejantes, (Tabla 4).

Tabla 4. Mediciones basales de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles participantes.

Variable	Chaleco Lastrado n = 8	Control n = 7
Fuerza, pico torque (Nm)	Media ± DE	Media ± DE
Extensores Izquierdos		
▪ 60°	53.87 ± 24.12	32.85 ± 10.96
▪ 90°	44.37 ± 23.05*	23.14 ± 8.74
▪ 120°	37.62 ± 22.59	19.85 ± 7.58
Extensores Derechos		
▪ 60°	43.37 ± 15.11	30.0 ± 14.54
▪ 90°	34.5 ± 15.49	23.66 ± 11.23
▪ 120°	25.5 ± 13.84	23.0 ± 6.66
Flexores Izquierdos		
▪ 60°	22.12 ± 24.25	22.42 ± 5.62
▪ 90°	19.75 ± 19.17	19.42 ± 5.28
▪ 120°	16.25 ± 16.64	21.14 ± 9.85
Flexores Derechos		
▪ 60°	19.87 ± 20.32	21.5 ± 8.78
▪ 90°	20.37 ± 21.34	17.16 ± 8.51
▪ 120°	14.87 ± 19.08	15.0 ± 6.63

DE: desviación estándar; * p=0.04 prueba de t Student.

Potencia y fuerza muscular (pico torque)

Al analizar las mediciones de potencia muscular antes y después de las doce semanas de ejercicio, en el grupo con chaleco lastrado se encontró que en los músculos extensores izquierdos hubo una mínima pérdida de 2 a 3 Watts y en los extensores derechos una ganancia de 8 a 11 Watts pero sin alcanzar significación estadística. En los músculos flexores izquierdos no hubo cambios considerables y en los músculos flexores derechos se observó una pérdida de 2 a 6 Watts sin significación estadística (Tabla 5, **Anexo 11**).

En lo que se refiere a la fuerza (pico torque) se corresponden los cambios con los de la potencia, los músculos extensores izquierdos registraron pérdida de 5 a 10Nm, los músculos extensores derechos ganancia de 4 a 11Nm, en los músculos flexores izquierdos hubo mínimos cambios y en los músculos flexores derechos hubo pérdida de

fuerza de 4 a 9Nm, sin alcanzar significación estadística, en ningún caso (Tabla 6, **Anexo 12**).

En el grupo control se presentó aumento en la potencia de músculos extensores izquierdos y derechos de 7 a 12Watts y 6 a 9Watts respectivamente, con significación estadística sólo en los primeros; en los músculos flexores tanto izquierdos como derechos hubo pérdida de potencia muscular de 7 a 10Watts, con significación estadística en los izquierdos (Tabla 7, **Anexo 13**).

En cuanto al pico torque, los músculos extensores izquierdos y derechos registraron aumento de 6 a 11Nm, con significación estadística sólo en los izquierdos y en los músculos flexores en general hubo pérdida de fuerza de hasta 12Nm, con significación estadística en los de rodilla izquierda (Tabla 8, **Anexo 14**).

A las doce semanas de los programas de ejercicio, se presentaron diferencias entre grupos, con ligera ventaja para el grupo con chaleco lastrado tanto en la potencia como en la fuerza (pico torque), en la mayoría de las diferentes velocidades isocinéticas, con significación estadística sólo en músculos flexores izquierdos en la velocidad 120°/s, para potencia (17.07 ± 8.87 vs. 7.11 ± 5.44 Watts, $p=0.02$) (Tabla 9, **Anexo 15**) y pico torque (19.25 ± 11.10 vs. 9 ± 4.89 Nm, $p=0.04$), (Tabla 10, **Anexo 16**).

Puesto que cada adulto mayor frágil participante, tenía una actividad basal personal, se utilizó el análisis de porcentaje de cambio para estimar la magnitud de cambio, tanto en la potencia como la fuerza y se calculó de los datos individuales como $(\text{final} - \text{basal})/\text{basal} \times 100$ y se informa la media del porcentaje de cambio del grupo \pm EE (Error Estándar).

Potencia muscular y fuerza (pico torque).

En los pacientes del programa de ejercicios con chaleco lastrado se obtuvo un porcentaje de cambio total en potencia muscular de 195.36 ± 133.42 , mayor que en el grupo control que presentó 40.96 ± 17.77 ; también el porcentaje de cambio en el pico torque fue mayor en el grupo de intervención comparado con el control 28.03 ± 11.33 vs. 17.51 ± 10.92 pero sin alcanzar significación estadística; se calculó la potencia del estudio y fue de 0.17, Fig. 1

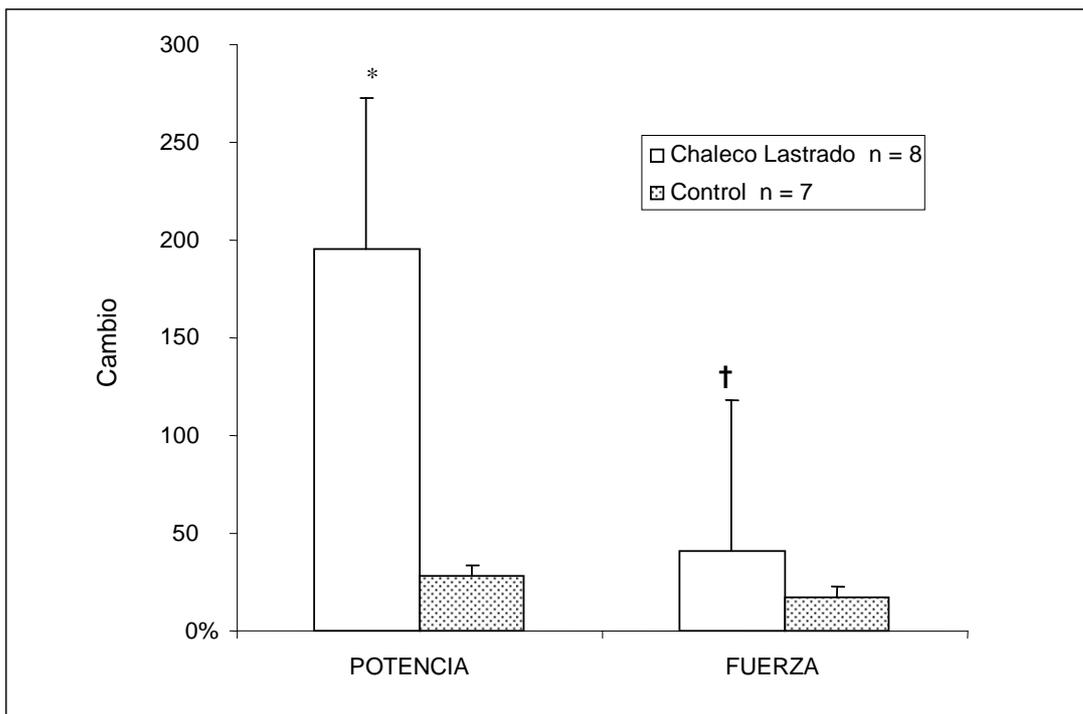


Figura 1. Porcentaje de cambio total en potencia y fuerza de extremidades inferiores luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles. Chaleco lastrado (ejercicios de formas dinámicas con peso y alta velocidad) Control (ejercicios de baja resistencia y baja velocidad) * $p = 0.30$, † $p = 0.51$ prueba de *t* Student. Medias \pm Error estándar.

Potencia muscular y pico torque de músculos extensores y flexores de rodilla.

Al analizar por grupos musculares, la mejoría en potencia muscular fue mayor para los músculos extensores de rodilla en el grupo control, con porcentaje de cambio de 109.61 ± 38.98 comparado con el grupo que empleó chaleco lastrado que logró 67.57 ± 28.78 , sin alcanzar significación estadística; por el contrario la potencia de los músculos flexores de rodilla tuvo mayor porcentaje de cambio en el grupo con chaleco $323.14 \pm$

264.05 comparado con el grupo control -27.69 ± 24.77 , pero igualmente sin tener significación estadística, se calculó la potencia del estudio y fue de 0.21 Fig. 2

En cuanto al pico torque, los porcentajes de cambio fueron mayores para los músculos extensores en grupo control que en el grupo con chaleco lastrado 57.36 ± 21 vs. 16.12 ± 13.16 ($p=0.11$), en los músculos flexores el pico torque presentó un porcentaje de cambio mayor en el grupo con chaleco lastrado 39.94 ± 30.60 comparado con el grupo control -22.34 ± 7.72 ($p=0.08$) Fig. 2

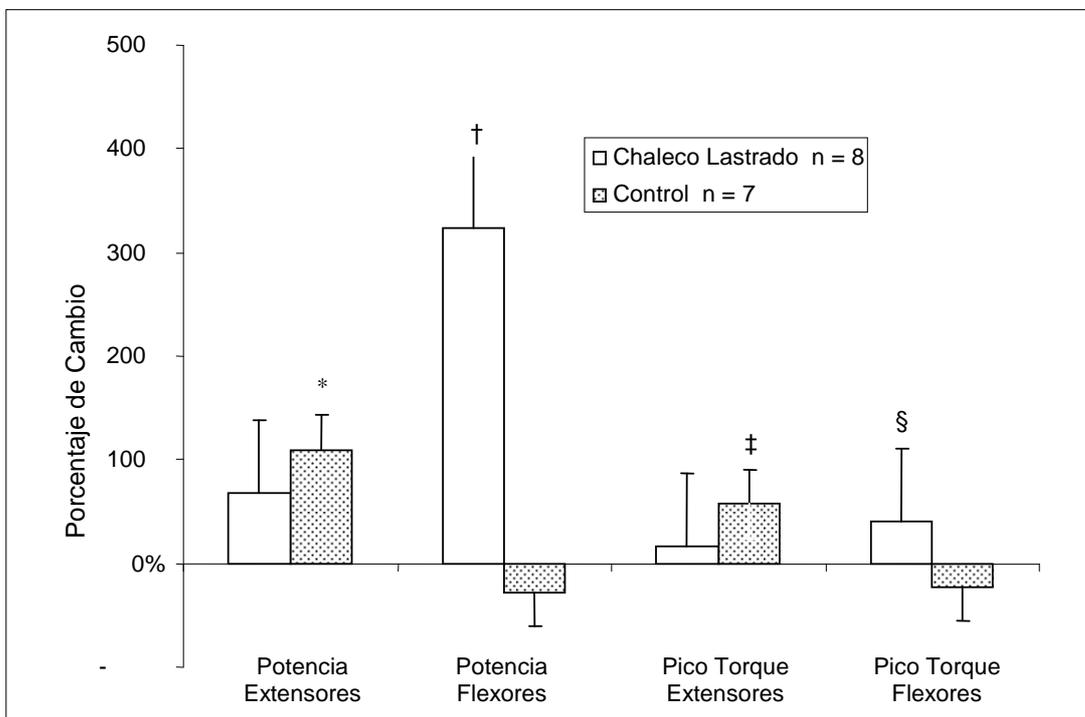


Figura 2. Porcentaje de cambio en potencia y pico torque de músculos extensores y flexores de rodilla, luego de 12 semanas de programa de ejercicio en adultos mayores frágiles. Chaleco lastrado (ejercicios de formas dinámicas con peso y alta velocidad) Control (ejercicios de baja resistencia y baja velocidad) * $p = 0.39$, † $p = 0.23$, ‡ $p=0.11$, § $p=0.08$, prueba de *t* Student. Medias \pm Error estándar.

Potencia músculos extensores y flexores de rodilla.

Al terminar las 12 semanas de entrenamiento, se calcularon los porcentajes de cambio \pm EE (Error estándar) en la potencia de los músculos extensores y flexores de rodillas derecha e izquierda y compararon entre grupos.

En los músculos extensores izquierdos el grupo control logró cambio desde 84.40 ± 47.78 hasta 156.82 ± 66.86 , con significación estadística en las velocidades a $60^\circ/s$ y

90°/s, mientras que en el grupo con chaleco lastrado el porcentaje de cambio fue de 3.63 ± 12.37 a 29.49 ± 27.32 , Figura 3.

El grupo con chaleco lastrado presentó un porcentaje de cambio desde 84.88 ± 40.81 hasta 139.76 ± 41.30 en la potencia de músculos extensores derechos, en las mediciones a velocidades de 60°/s y 120°/s que fue mayor que en el grupo control pero en la velocidad a 90°/s el grupo control tuvo mayor porcentaje de cambio (183.04 ± 147.02), pero en ningún caso alcanzó significación estadística, se calculó la potencia del estudio y fue < 0.50 , Fig. 3

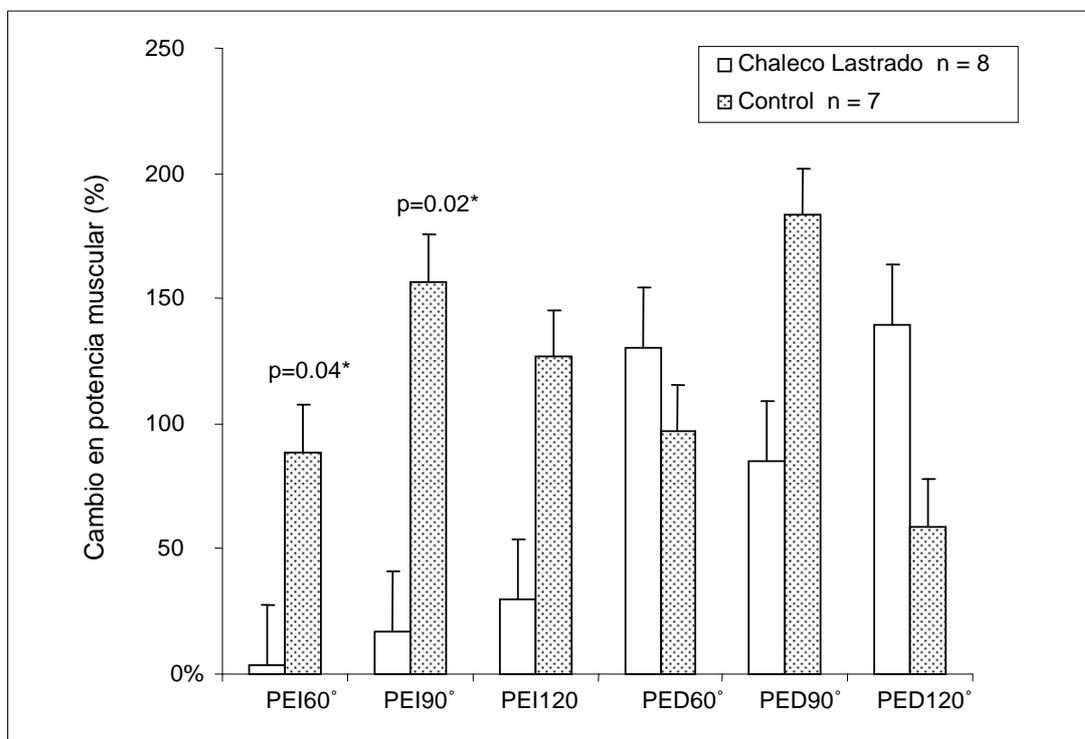


Fig. 3 Porcentaje de cambio en potencia muscular de músculos extensores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicios en adultos mayores frágiles. PEI60°: potencia extensores izquierdos 60°; PEI90°: potencia extensores izquierdos 90°; PEI120°: potencia extensores izquierdos 120°. PED60°: potencia extensores derechos 60°; PED 90°: potencia extensores derechos 90°; PED120°: potencia extensores derechos 120°. Los valores son medias \pm EE, * prueba U de Mann Whitney.

En el grupo con chaleco lastrado, los porcentajes de cambio en la potencia muscular de los músculos flexores tanto izquierdos como derechos, presentaron mejoría, desde 89.24 ± 74.90 hasta 1209.52 ± 1150.19 , comparados con el grupo control, con significación estadística en las diferentes velocidades isocinéticas, sólo en los músculos

izquierdos. En el grupo control, en general hubo pérdida de la potencia muscular de los flexores, hasta del 57.97 ± 8.68 . Se calculó la potencia del estudio para considerar la falta de significación estadística de las diferencias en músculos flexores derechos y fue < 0.50 . Figura 4

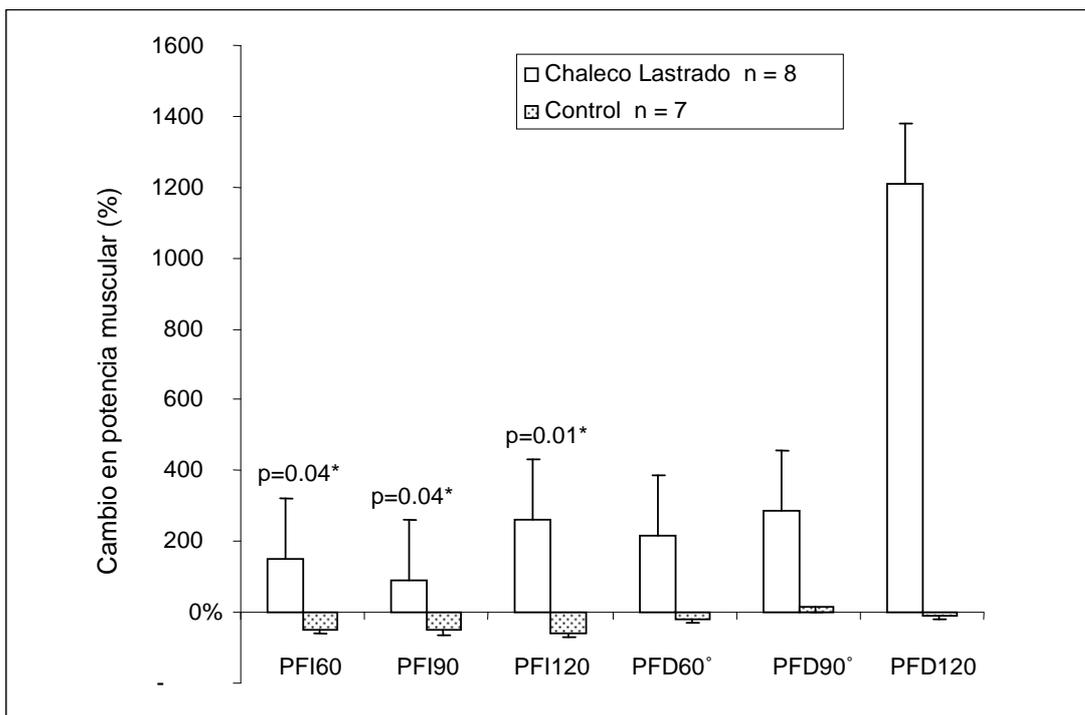


Fig. 4 Porcentaje de cambio en potencia muscular de músculos flexores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicios en adultos mayores frágiles. PFI60°: potencia flexores izquierdos 60°; PFI90°: potencia flexores izquierdos 90°; PFI120°: potencia flexores izquierdos 120°. PFD60°: potencia flexores derechos 60°; PFD90°: potencia flexores derechos 90°; PFD120°: potencia flexores derechos 120°. Los valores son medias \pm EE, * prueba U de Mann Whitney.

Pico torque de músculos extensores y flexores de rodilla.

En la medición de fuerza muscular, específicamente el pico torque, que indica la capacidad máxima del músculo para desarrollar fuerza, los músculos extensores

izquierdos, del grupo con chaleco lastrado registraron pérdida hasta del 6.23 ± 13.33 y ganancia sólo de 2.7 ± 14.54 , mientras que el grupo control experimentó ganancia desde 34.35 ± 21.0 hasta 79.91 ± 32.10 , con significación estadística en las velocidades a $90^\circ/s$ y $120^\circ/s$. En lo que se refiere a músculos extensores derechos se presentó ganancia en ambos grupos, (14.31 ± 11.7 a 65.34 ± 23.28 vs. 41.12 ± 20.12 a 97.78 ± 75.42 , grupo con chaleco lastrado y control respectivamente), pero sin alcanzar significación estadística en las diferencias encontradas, por lo que se calculó la potencia del estudio y se encontró que es del 0.40, Figura 5.

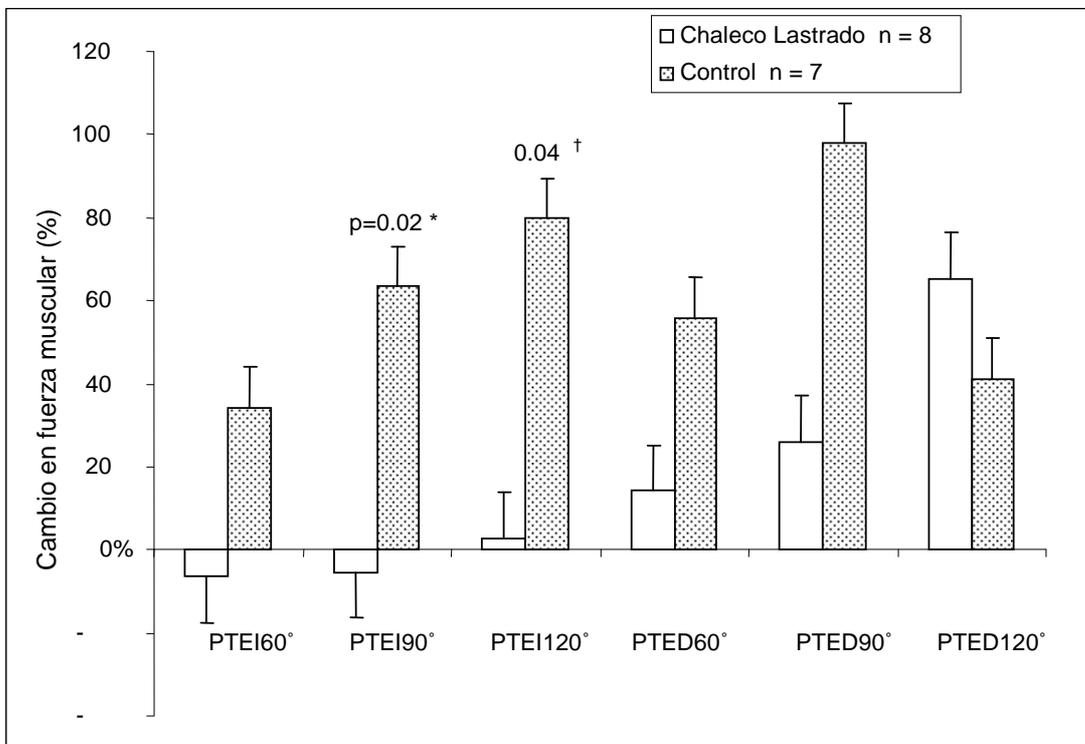


Fig. 5 Porcentaje de cambio en fuerza muscular (pico torque) de músculos extensores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicios en adultos mayores frágiles. PTEI60°: pico torque extensores izquierdos 60°; PTEI90°: pico torque extensores izquierdos 90°; PTEI120°: pico torque extensores izquierdos 120°. PTED60°: pico torque extensores derechos 60°; PTED90°: pico torque extensores derechos 90°; PTED120°: pico torque extensores derechos 120°. Los valores son medias \pm EE. * t Student; \dagger prueba U de Mann Whitney

El pico torque de los músculos flexores izquierdos presentó porcentajes de cambio de mejoría en el grupo con chaleco lastrado, desde 31.19 ± 31.79 hasta 79.45 ± 40.55 comparados con el grupo control, en el que se registró pérdida desde -36.47 ± 10.10

hasta -52.15 ± 8.0 ; en los músculos flexores derechos aún cuando hubo mejoría desde 14.71 ± 38.68 hasta 69.14 ± 61.52 no alcanzó diferencia significativa. Para las diferencias que no tuvieron significación estadística se calculó la potencia del estudio y fue de 0.60, Figura 6.

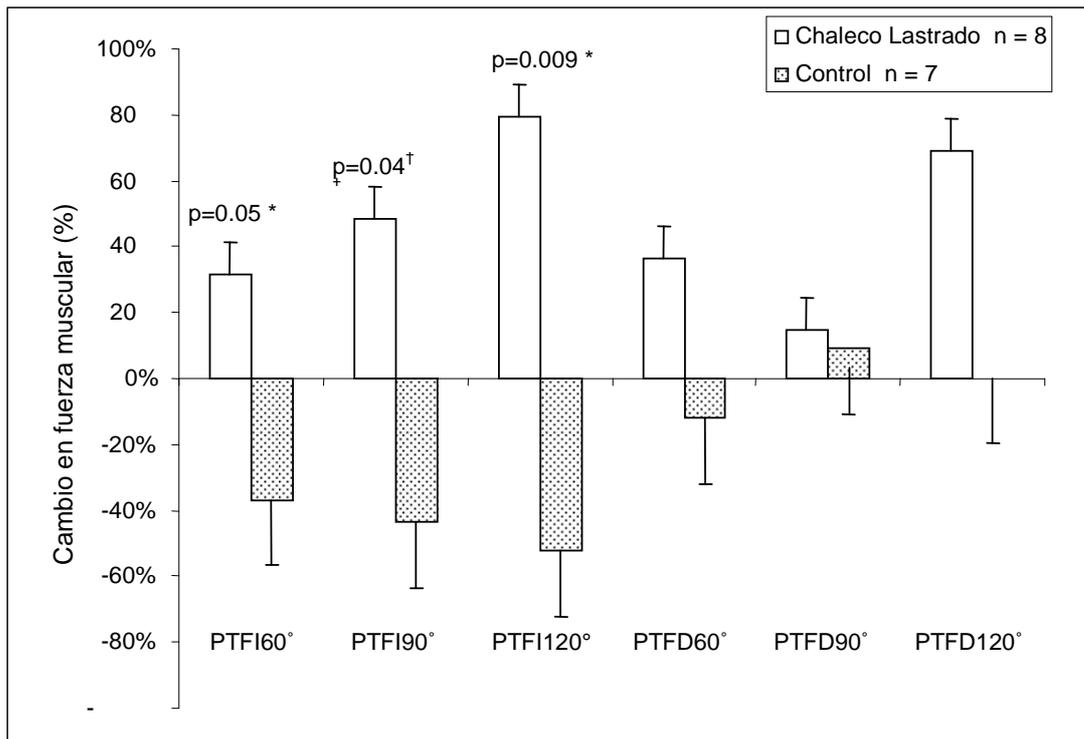


Fig. 6 Porcentaje de cambio en fuerza muscular (pico torque) de músculos flexores de rodilla, a diferentes velocidades isocinéticas, luego de 12 semanas de programa de ejercicios en adultos mayores frágiles. PTFI60°: pico torque flexores izquierdos 60°; PTFI90°: pico torque flexores izquierdos 90°; PTFI120°: pico torque flexores izquierdos 120°. PTFD60°: pico torque flexores derechos 60°; PTFD90°: pico torque flexores derechos 90°; PTFD120°: pico torque flexores derechos 120°. Los valores son medias \pm EE. * t Student; † prueba U de Mann Whitney

Capacidades físicas

El grupo con chaleco lastrado presentó mejoría en las pruebas de levantarse de la silla, velocidad de la marcha y prueba de Lázaro antes y después de las doce semanas de ejercicio, ya que disminuyó el tiempo invertido en su realización; en la prueba de equilibrio se presentó una ligera pérdida, al haber conservado menos tiempo el equilibrio, pero sólo alcanzó significación estadística la prueba de levantarse de la silla y el cambio en el puntaje global de las capacidades físicas (**Tabla 11, Anexo 17**).

Al hacer análisis de la diferencia en tiempos antes y después dentro del grupo sólo se observó significación estadística en la prueba de levantarse de la silla ($p=0.004$) (Tabla 12).

Por otra parte los cambios más relevantes se observaron en la prueba de levantarse de la silla, pues a las 8 semanas hubo reducción considerable en el tiempo invertido en la prueba, que se mantuvo aunque de menor magnitud a las 12 semanas (Fig. 7). En la prueba de velocidad de la marcha se había presentado mejoría a las 8 semanas pero no se conservó a las 12 semanas, aunque fue menor que el basal (Fig. 8). En el equilibrio en un pie hubo fluctuación mínima a las 8 semanas pero al final se conservó menos el equilibrio (Fig. 9). La prueba de Lázaro presentó una mayor reducción en el tiempo invertido, a las 8 semanas que no logró conservarse a las 12 semanas (Fig. 10).

En el grupo control hubo mejoría en todas las pruebas antes y después de las doce semanas de ejercicio, así como en el puntaje global (**Tabla 11, Anexo 17**) y en el análisis de las diferencias en los tiempos de las pruebas dentro del grupo hubo diferencias, sin alcanzar significación estadística en ningún caso (Tabla 12).

Los cambios en el tiempo invertido en las 4 pruebas fueron mínimos, con reducción progresiva sólo en la prueba de levantarse de la silla, aunque más lento y paulatino comparado con grupo de chaleco lastrado (Fig. 7-10).

Aún cuando hubo diferencia entre grupos a las doce semanas del programa, la mejoría principal se observó en la prueba de levantarse de la silla a favor del grupo con chaleco

lastrado ($11.37 \pm 2.96s$ vs. $12.51 \pm 3.19s$; $p=0.48$) y para el grupo control, en la velocidad de la marcha ($4.12 \pm 0.5s$ vs. $4.63 \pm 2.11s$; $p=0.41$), equilibrio en un pie ($2.62 \pm 2.16s$ vs. $1.13 \pm 0.53s$; $p=0.08$) y la prueba de Lázaro ($12.53 \pm 3.40s$ vs. $14.47 \pm 6.40s$; $p=0.90$), pero no alcanzaron significación estadística (Fig. 7-10).

Cuando se analizaron las diferencias entre grupos, en los tiempos de las pruebas, el mayor cambio se observó en la prueba de levantarse de la silla pero sin significación estadística (Tabla 12).

El porcentaje de cambio en la prueba de levantarse de la silla del grupo con chaleco lastrado fue de 19% y en el grupo control de 7% ($p=0.15$).

La adherencia al programa de ejercicio fue de 85% en grupo con chaleco lastrado y 80% en el grupo control. Sólo un paciente en el programa con chaleco lastrado requirió analgésicos en la segunda semana, por espacio de dos días.

Tabla 5. Cambio en capacidades físicas de adultos mayores frágiles antes y después, por programa de ejercicio (chaleco lastrado y control) y entre grupos.

Variable	Chaleco Lastrado n = 8 Media $\Delta \pm DE$	P*	Control n = 7 Media $\Delta \pm DE$	P*	Diferencia Entre grupos Media $\Delta \pm EE$	P [†]
Levantarse de la silla (segundos)	-3.05 ± 2.05	0.004	-0.85 ± 2.29	0.36	-2.20 ± 1.12	0.07
Velocidad de la marcha (m/s)	-0.10 ± 0.46	0.55	-0.09 ± 0.16	0.17	0.009 ± 0.18	0.96 [‡]
Equilibrio en un pie (segundos)	-0.21 ± 0.57	0.32	0.06 ± 1.87	0.93	0.28 ± 0.69	0.69 [‡]
Prueba de Lázaro (segundos)	-0.58 ± 3.53	0.65	-1.03 ± 2.11	0.24	-0.45 ± 1.53	0.77
Puntaje Global de capacidades físicas	2.12 ± 1.55	0.006	1.42 ± 2.5	0.18	0.69 ± 1.06	0.53

Chaleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; Control: progre de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad; DE: desviación estándar; * prueba t pareada; EE: error estándar; [†] t Student; [‡] U de Mann Whitney.

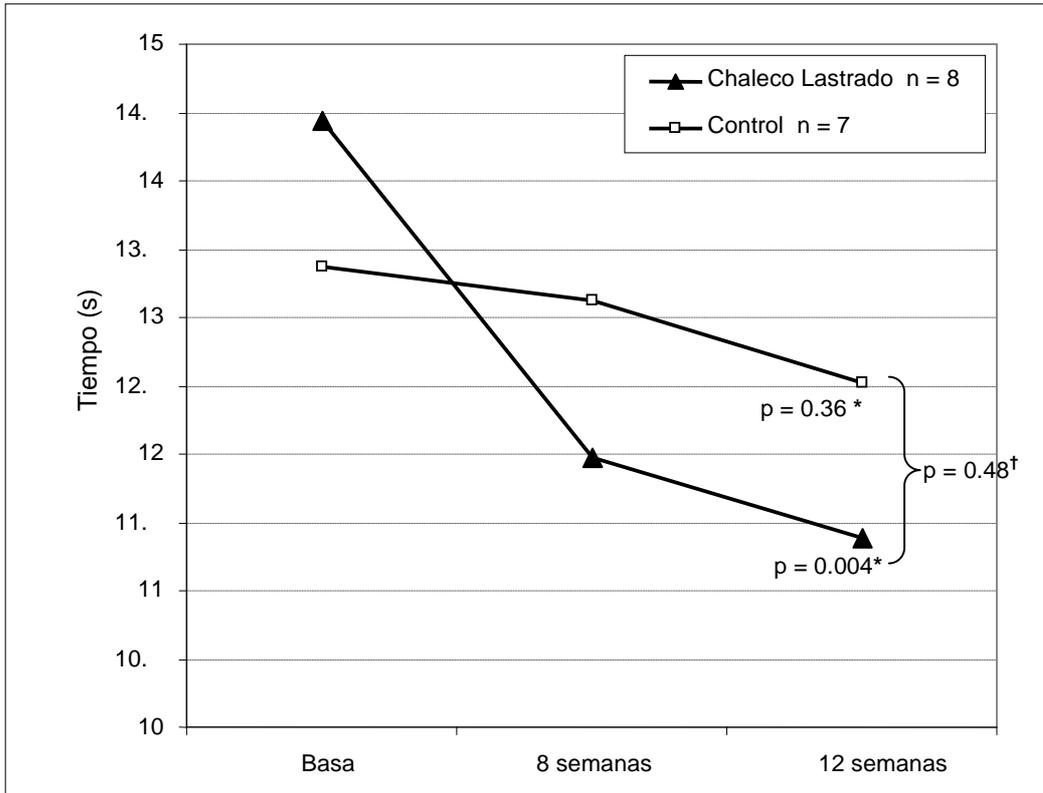


Fig. 7 Prueba de levantarse de una silla cinco veces, en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control). * t pareada; † t Student.

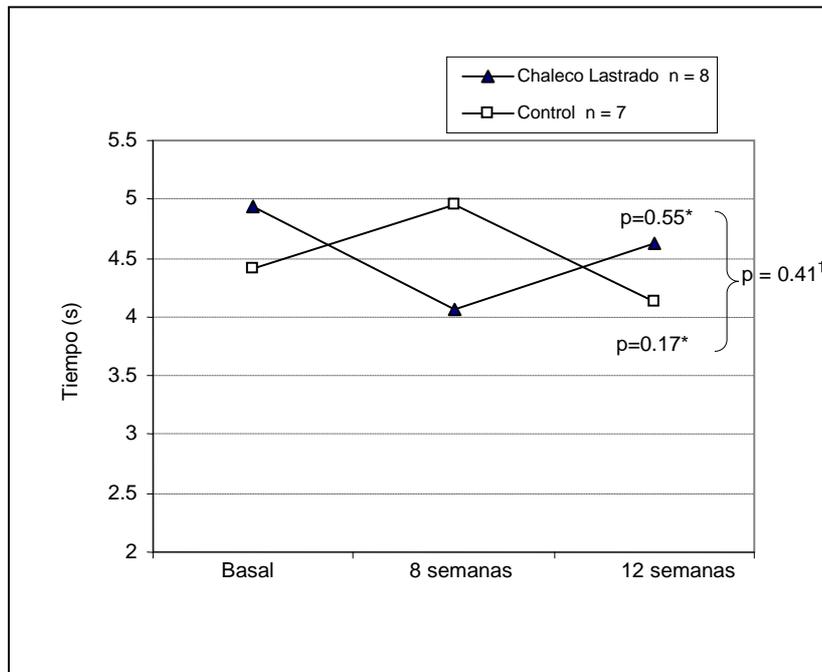


Fig. 8 Prueba de Velocidad de la marcha en 4m, en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de programa de ejercicio de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control). *Prueba de t pareada, † prueba U de Mann Whitney.

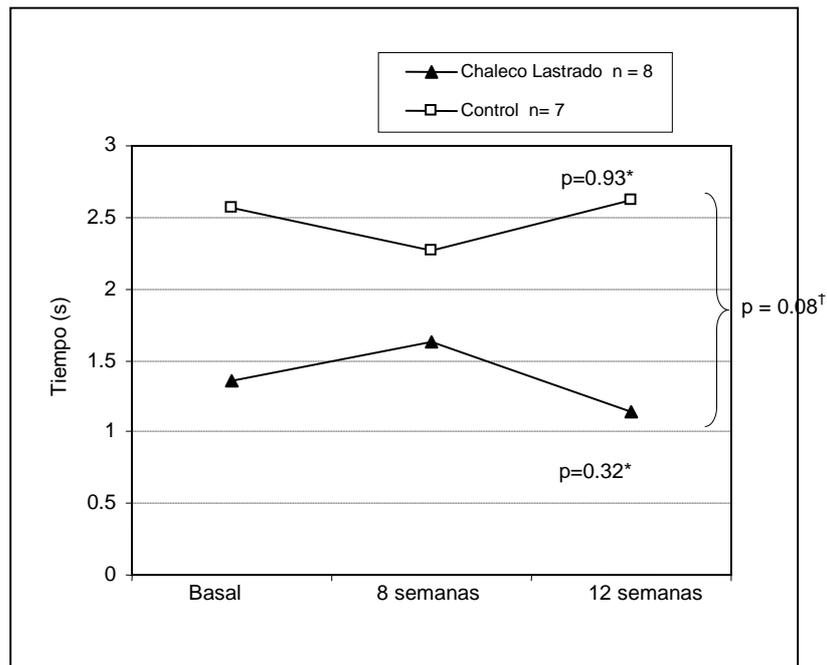


Fig. 9 Prueba de Equilibrio en un pie, en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas, de programa de ejercicio de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control). *Prueba de t pareada, † prueba U de Mann Whitney.

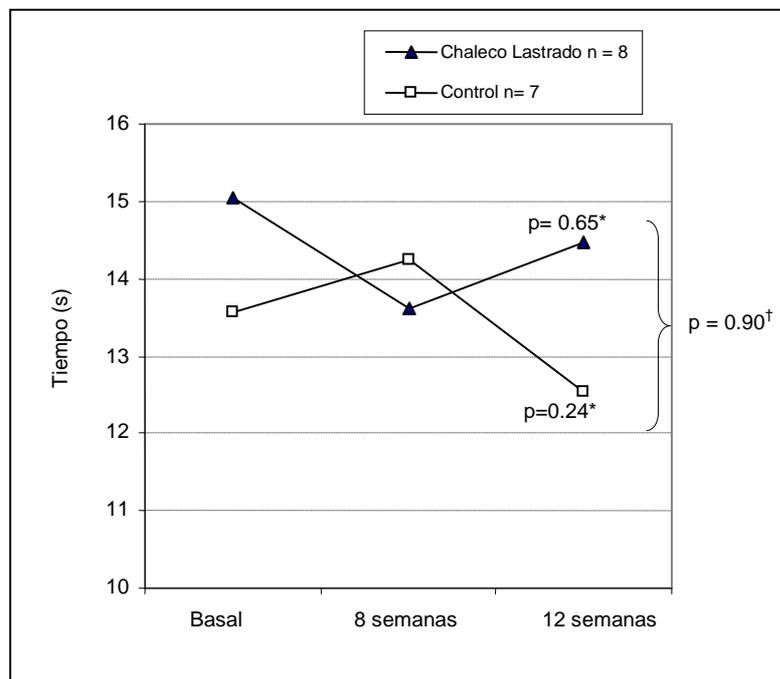


Fig. 10 Prueba de Lázaros (levántate y anda), en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas, de programa de ejercicio de formas dinámicas con peso (Chaleco Lastrado) comparado con un programa de baja resistencia y baja velocidad (Control). *Prueba de t pareada, † prueba U de Mann Whitney.

8. DISCUSIÓN

En nuestro estudio encontramos que un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso (chaleco lastrado) en adultos mayores frágiles mejoró la potencia muscular de extremidades inferiores en 195.36% y la fuerza muscular específicamente el pico torque en 28.06%, mientras que con programa de baja resistencia y baja velocidad la mejoría fue de 40.96% y 17.51% respectivamente, aunque las diferencias no alcanzaron significación estadística, por lo que no podemos comprobar su efectividad.

La ganancia en potencia muscular en el grupo con chaleco lastrado fue principalmente a expensas de los músculos flexores de rodilla, en los que se obtuvo un porcentaje de cambio de 323.14%, mientras que en el grupo control fue en los músculos extensores con 109.61%.

En lo que se refiere a fuerza muscular, específicamente pico torque, la mejoría en el grupo con chaleco lastrado se dio en los músculos flexores de rodilla, así como en el grupo control en los músculos extensores, con 40% y 57.36% de porcentajes de cambio respectivamente.

Aunque hubo diferencias, no alcanzaron significación estadística, se calculó la potencia del estudio, la cual fue de menos de 0.50, por lo que una posibilidad es que se requiera de mayor muestra para que las diferencias sean significativas.

En el grupo con chaleco lastrado la mejoría en potencia muscular y pico torque, fue a expensas de músculos flexores de rodilla, con significación estadística en las diferentes velocidades isocinéticas de la extremidad izquierda.

El grupo control presentó la mejoría en los músculos extensores de rodilla izquierda, con significación estadística en las velocidades 60% y 90% para la potencia y para el pico torque en 90 % y 120%

En las capacidades físicas hubo mejoría significativa del 19% en la prueba de levantarse de una silla en el grupo con chaleco lastrado, y a expensas de ésta mejoría

en el puntaje global de capacidades físicas, ganando 2.12 ± 1.55 puntos. En el grupo control aunque hubo mejoría en prácticamente todas las pruebas y el puntaje global, no alcanzó significación estadística, no se encontraron diferencias entre grupos.

La adherencia al ejercicio fue muy aceptable en ambos grupos, de 85% y 80% en grupo con chaleco lastrado y control, respectivamente. Los eventos adversos registrados fueron al inicio del programa, dolor muscular, percibido como leve, sólo en un paciente fue necesario emplear analgésicos por 2 días.

La mayoría de los estudios realizados en adultos mayores con programas de entrenamiento en sus diversas modalidades, se han realizado con equipo especializado de entrenamiento, en laboratorios de kinesiología, de fisiología, unidades de rehabilitación y residencias asistidas; con criterios de inclusión que cuando se trata de considerar fragilidad, son muy diversos, lo que hace un tanto difícil la comparación de nuestros resultados. Consideraremos aquellos trabajos que han sido realizados con una parte del programa de ejercicios en casa.

En nuestro estudio con el programa de ejercicio que empleó chaleco lastrado los porcentajes de cambio de fuerza muscular de extensores y flexores de rodillas fueron 16.12% y 40% respectivamente, mientras que los obtenidos por Binder EF, et. al. ³⁰ en un estudio en adultos mayores frágiles con programa de entrenamiento de resistencia de alta intensidad con máquinas fueron 18% y 23%, lo que podríamos considerar muy semejante, además de que también encontraron mejoría en la prueba de levantarse de la silla, pero no especifican cuánto; a diferencia de ellos nuestro programa en casa de baja resistencia y baja velocidad consiguió ganancia de fuerza en extensores de rodilla del 57.36%, y ellos registraron pérdida del 5.4%, pero en los músculos flexores de rodilla nosotros encontramos pérdida de 22.34% y ellos una ganancia del 4.6%, esto último podría ser debido a la especificidad de los ejercicios empleados, pues en el grupo control no fortalecieron los músculos flexores de rodilla. Nuestro estudio no tuvo una supervisión estricta y logró resultados semejantes a los obtenidos por ellos con máquinas de entrenamiento.

En cuanto a la ganancia en potencia muscular de extensores de rodilla, nosotros obtuvimos porcentajes de cambio de 67.57% y 109.61% con los programas con chaleco lastrado y grupo control respectivamente, mayores que los que reportan Capodaglio P, et. al. ³¹ con un programa combinado de dos sesiones de entrenamiento en hospital con máquinas de resistencia y una sesión en casa con bandas elásticas, que lograron un porcentaje de cambio de 22.5%, aunque la ganancia en fuerza fue ligeramente menor en nuestro grupo con chaleco de 16.12% a diferencia de ellos, que registraron 21.5%, pero nuestro programa en casa que empleó sólo el peso de cuerpo con baja velocidad tuvo mayor ganancia con 57.36%, lo que ya se ha comprobado que programas de baja velocidad logran mayor ganancia de fuerza. ³² Por otra parte ellos con su programa reportaron mejoría de 20.5% en la prueba de Lázaró, lo que nosotros no logramos, sólo que sus adultos mayores participantes fueron sanos y nuestros adultos mayores tenían comorbilidad, tal vez por esto, aún cuando nosotros obtuvimos mayores porcentajes de cambio en potencia y fuerza muscular de extensores de rodilla, esto no influyó en mejoría del desempeño funcional evaluado con prueba de Lázaró, pero de hecho esto no ha podido ser demostrado en diversos estudios, debido a que aún no se cuenta con pruebas, de cuál es la modalidad de entrenamiento más apropiado en cuanto a tipo, intensidad, frecuencia y duración del ejercicio para mejorar el desempeño funcional, como se concluyó en la revisión sistemática de Marijke JM, et. al. ³³

El porcentaje de cambio promedio de potencia muscular total obtenido en el grupo con chaleco lastrado fue de 195.36% y en el grupo control de 40.96% mucho mayor que los porcentajes de cambio de pico torque total con 28.06% y 17.51% respectivamente, la ganancia en fuerza en el grupo con chaleco, fue ligeramente mayor a la obtenida por Henwood TR, et. al. ³⁴ en tres programas diferentes: de resistencia variable y alta velocidad, resistencia constante y baja a moderada velocidad (estos dos realizados con máquinas de entrenamiento) y otro de resistencia variable y ejercicios en casa (incluían levantarse de la silla, subir escaleras, elevar los pies) en los que los porcentajes de cambio en fuerza fueron 22%, 21.7% y 26.1% respectivamente, por otra parte con dichos programas, también mejoró la prueba de levantarse de la silla con porcentajes de cambio de 13%, 6% y 6% respectivamente, un tanto menores que el de nuestro

grupo con chaleco lastrado que obtuvo un 19%, que además fue mayor al obtenido en nuestro grupo control con 7% y alcanzó significación estadística. Henwood TR, et. al. ³⁴ también lograron mejoría en equilibrio estático con el programa de resistencia constante y baja a moderada velocidad y con el programa combinado mejoría en la velocidad para caminar, en nuestro estudio no hubo mejoría en velocidad de la marcha ni equilibrio estático y aun cuando en la prueba de Lázaro ambos programas disminuyeron un segundo, no alcanzó significación estadística, como ya hemos comentado no hay un programa bien definido para obtener mejoría en todas las capacidades funcionales. ³³

Nuestros hallazgos son semejantes a los obtenidos por Krebs DE et. al. ³⁵ que llevaron a cabo un estudio en adultos mayores con comorbilidad y dos programas de entrenamiento uno basado en tareas funcionales y el otro, entrenamiento de fuerza con uso de bandas elásticas, obtuvieron ganancia de fuerza con porcentajes de cambio de 26% y 16% mientras que nuestros programas logaron 28.06% y 17.51% en grupo con chaleco lastrado y control respectivamente, pero además estos investigadores si consiguieron ganancia en velocidad de la marcha, lo que nuestros programas no.

De las capacidades físicas evaluadas con la batería de cuatro pruebas: levantarse cinco veces de una silla de 46cm de altura sin usar las manos, velocidad de la marcha en cuatro metros, equilibrio en un pie y prueba de levántate y anda o prueba de Lázaro, sólo hubo mejoría en la prueba de levantarse de la silla con porcentaje de cambio de 19% para el grupo con chaleco lastrado, que es mayor a lo reportado por otros estudios ^{30, 32, 34} que emplearon máquinas de entrenamiento.

Levantarse de la silla es una acción corporal completa, que requiere de control postural y otros sistemas sensoriales además de adecuada fuerza en cuádriceps ³³, se ha considerado que mide indirectamente potencia muscular ya que la reducción en el tiempo invertido en la prueba no sólo está dado por la fuerza sino por la velocidad con que se desarrolla dicha fuerza ²⁷ por lo que podemos decir que los adultos mayores del programa con chaleco lastrado mejoraron potencia muscular reflejada en el desempeño de levantarse de la silla sin emplear las manos, con diferencia significativa dentro del grupo, pero no entre grupos, pues aunque el grupo control logró sólo un 7% de

porcentaje de cambio no fue significativa la diferencia y la potencia del estudio calculada fue de 0.78, que podríamos considerar aceptable.

Nosotros no encontramos mejoría en equilibrio a diferencia de los hallazgos de Rosie J y Taylor D ³² que en un programa de ejercicio basado en una tarea funcional como es levantarse de la silla, sólo que empleando un dispositivo que proporcionaba retroalimentación, realizado en casa por adultos mayores de 80 años y con mínima supervisión, mejoraron su equilibrio, aunque fueron evaluados con una escala de equilibrio de Berg, que a su vez está constituida por una serie de pruebas y nosotros sólo valoramos equilibrio estático, lo que limita la comparación.

Las ganancias en potencia muscular encontradas en nuestro estudio tanto en el grupo de ejercicios de formas dinámicas con peso y alta velocidad (chaleco lastrado) y el programa de baja resistencia y baja velocidad (control) son mayores que las reportadas en diversos estudios realizadas generalmente en adultos mayores sanos, que además emplearon máquinas de entrenamiento ^{10, 16, 23, 28} esto puede ser debido al método de medición de potencia muscular, pues no es uniforme, algunos emplearon máquinas neumáticas de resistencia y otros como nosotros dinamometría isocinética, está descrito que cuando más se corresponde el ejercicio del test al ejercicio de entrenamiento, con respecto a estructura del movimiento, forma de la contracción muscular y carácter de la resistencia, las cuotas de incrementos son más altas ³⁶ Aún comparando nuestros hallazgos con los de Bean y colaboradores, ^{17, 28} ya sea en su programa de entrenamiento empleando un chaleco lastrado subiendo y bajando escaleras y el de ejercicios de formas dinámicas con peso que tomamos como base, obtuvimos mayores porcentajes de cambio, pero nuevamente puede ser por la medición de la potencia, con isocinesia.

Así mismo las ganancias de fuerza muscular en extensores de rodillas fueron muy semejantes a las obtenidas en programas de entrenamiento con empleo de máquinas y completamente supervisados, que además fueron realizados en adultos mayores generalmente sanos ^{9, 16, 23, 37-41}.

El mayor incremento en la potencia muscular de músculos extensores de rodilla, a expensas, de la extremidad no dominante obtenida en el grupo control, se puede explicar por lo específico que resultó el ejercicio en dicho caso, pues dos de los ejercicios pudieron fortalecer más específicamente el aparato extensor de rodillas, principalmente el cuádriceps ³⁶, mientras en el grupo con chaleco lastrado, si bien aumentó la potencia muscular de extensores fue más en la extremidad dominante.

Para levantarse de una silla se emplean y ejercitan los músculos extensores de rodilla, pero demanda más la acción del aparato extensor de la cadera que está constituido por los músculos isquiotibiales (semimembranoso, semitendinoso, bíceps crural) ⁴² y fue en el grupo con chaleco donde se observó una considerable mejoría en la potencia de músculos flexores, que aun cuando ambos grupos tenían incluido el ejercicio de levantarse de la silla, el grupo con chaleco lastrado tuvo mayor resistencia y velocidad lo que favoreció el fortalecimiento del aparato extensor de la cadera que además tiene la acción de flexionar la rodilla ⁴³, por otra parte se ha descrito que con el proceso de envejecimiento los músculos antagonistas se coactivan como una medida de protección ante el uso de músculos agonistas para limitar su daño, sobretodo en adultos mayores frágiles que no realizaban un programa de ejercicios. ⁴⁴ Es por ello que el grupo con chaleco lastrado aunque hubo mejoría en la potencia de músculos extensores de rodilla, fue menor que en el grupo control al menos en la extremidad no dominante, lo que implica que la activación de músculos extensores de rodilla cuando hubo una resistencia mayor, dada por el peso del chaleco, activó totalmente los músculos y los antagonistas se coactivaron para proteger al sistema músculo esquelético de lesiones ⁴⁴ya que en la extremidad dominante hubo mayor incremento en potencia que en el grupo control, sólo que no alcanzó significación estadística, porque la potencia del estudio que fue < 0.50 y podría ser una de las causas de no haber encontrado diferencias.

La potencia de músculos flexores de ambas extremidades en grupo con chaleco lastrado mejoró y nuevamente podemos explicarlo por lo específico que resultó el ejercicio para fortalecer el aparato extensor de cadera, que es flexor de rodilla, los músculos de la cara posterior del muslo son más dominantes que el cuádriceps para la

extensión de rodilla, pues al estar de pie, la extensión de rodilla se logra con la acción de dichos músculos, el programa de ejercicio con chaleco lastrado, realizó cuatro de los ejercicios de pie, lo que ejerció el aparato extensor de cadera que origina flexión de rodilla.⁴³ En el grupo control perdieron potencia los músculos flexores de rodilla, de la extremidad no dominante, la posible explicación es que se redujo la actividad antagonista, para dar paso al incremento de fuerza en los agonistas, al menos en la fase inicial de entrenamiento ³⁶ en la extremidad dominante fueron mínimos los cambios, porque la actividad generalmente es mayor al ser más utilizada, en la vida cotidiana.

En lo que se refiere a los cambios en fuerza muscular medida por el pico torque, que indica la capacidad máxima del músculo para desarrollar fuerza, el grupo con chaleco lastrado presentó ligeras pérdidas en músculos extensores de la extremidad no dominante, que podría estar dado porque fueron los antagonistas de flexores en los que hubo ganancia de fuerza considerable. En el grupo control se observó lo contrario ganancia de fuerza, en extensores de rodilla de ambas extremidades. Algunas diferencias observadas no alcanzaron significación estadística, probablemente por un error tipo II, pues calculamos la potencia del estudio que fue de 0.40. En general la los porcentajes de cambio fueron mayores para la potencia muscular comparados con los del pico torque, como han observado otros investigadores ¹⁶, ha encontrado que en el entrenamiento de resistencia se presentan adaptaciones neurológicas y morfológicas, así como mejoría del aprendizaje motor y coordinación ⁴¹

En cuanto a las capacidades físicas, la mejoría en la prueba de levantarse de la silla, se logró en el grupo con chaleco lastrado, con mayor porcentaje de cambio, el entrenamiento en esta caso con el componente de alta velocidad, se ha descrito que mejora la fuerza por las adaptaciones neurales que reducen la coactivación de antagonistas y favorecen coordinación de sinergistas ¹⁶

El puntaje global de la batería de pruebas de capacidad física presentó ganancia de puntos en ambos programas pero fue más significativa en el grupo con chaleco, con un incremento de 2.12 ± 1.55 , con base principalmente en la reducción del tiempo invertido

en levantarse de la silla. La ganancia se puede considerar como sustancial de acuerdo a lo planteado por Perera S, et. al. ⁴⁵ que considera que el cambio de un punto tiene significancia clínica, esto también fue válido para el grupo control, aunque no alcanzó significación estadística, pero es probable que la potencia del estudio no permitiera encontrar las diferencias.

Fortalezas

Una de las fortalezas es el diseño aleatorizado, aunque sólo pudo ser cegado en forma simple, sólo el personal que hizo las mediciones finales, desconocía el programa de cada paciente. Los pacientes supieron que existían dos posibles programas, pero esto fue inevitable, pues estaba incluido en la carta de consentimiento informado. En ninguna ocasión coincidieron para las mediciones y el entrenamiento fue por separado. El entrenamiento, podemos decir, se hizo con la organización que los pacientes pudieron adaptar en su vida cotidiana, para tratar de evaluar la efectividad.

Limitaciones

Son varias las limitaciones del estudio, tal vez la mayor de todas es el tamaño pequeño de muestra, con una potencia calculada menor de 0.50, lo que en parte explica que las diferencias encontradas en algunas comparaciones no alcanzaran significación estadística. Los adultos mayores potencialmente elegibles, fueron aquellos que respondieron a la invitación de participar y que además pudieron ir a las mediciones fuera de casa, lo que dejó sin oportunidad a los que probablemente, tenían mayor compromiso funcional, por lo que nuestros resultados no pueden ser generalizables.

9. CONCLUSIONES

Un programa de ejercicios de formas dinámicas con peso, con el componente de alta velocidad, dado por el hecho de realizarlo lo más rápido posible, en casa y con supervisión parcial, mejoró la potencia y fuerza muscular, así como la capacidad física de adultos mayores frágiles.

El programa de baja resistencia y velocidad también presentó mejoría pero con menores porcentajes de cambio.

A pesar de las diferencias encontradas, no alcanzaron significación estadísticas, en parte por una potencia del estudio menor de 0.50.

Se corrobora la especificidad del ejercicio, por las diferencias encontradas en los porcentajes de cambio según se analizaran los extensores o flexores de rodilla.

Un programa de ejercicios de fuerza o resistencia puede ser llevado en casa, empleando un chaleco lastrado, con beneficios semejantes a los obtenidos con máquinas de entrenamiento, lo que potencialmente representaría un ahorro económico para el Instituto Mexicano de Seguro Social y más para los adultos mayores, pues un mayor número de ellos tendrían la oportunidad de realizar ejercicio específico sin tener que salir de casa, y la supervisión podría llevarla a cabo el equipo del programa de Atención Médica Domiciliaria.

La adherencia al programa fue muy aceptable con mínimos efectos secundarios.

10. PERSPECTIVAS

- Es necesario incrementar el tamaño de muestra para tratar de encontrar diferencias con significación estadística, que permitan demostrar la efectividad.
- Dado que cada uno de los programas brindó mejoría diferenciada en músculos extensores o flexores, una combinación de ambos podría ser probado.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Consejo Nacional de Población. Habrá en México cerca de 8.2 millones de adultos mayores a mediados de 2005. Disponible en: www.conapo.gob.mx/prensa/2005/042005.pdf
2. Perfil sociodemográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2005. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/conteo/2005/perfiles/Perfil_Soc_EUMX1.pdf
3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Los adultos mayores en México. Perfil sociodemográfico al inicio del siglo XXI. 2005 Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/adultosmayores/Adultos_mayores_web2.pdf
4. - Doherty TJ. Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003;95:1717-1727.
5. - Borst SE. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing* 2004;33:548-555.
6. - Willardson JM. Sarcopenia and exercise: mechanism, interactions, and application of research findings. *Strength and Conditioning Journal* 2004;26(6):26-31.
7. - Leng S, Chaves P, Koenig K, Walston J. Serum interleukin-6 and hemoglobin as physiological correlates in the geriatric syndrome frailty: a pilot study. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:1271-2002.
8. - Avila-Funes JA, García-Mayo EJ. Beneficios de la práctica el ejercicio en los ancianos. *Gac Med Méx* 2004;140:431-436.
9. - Fried Lp, Tangen CM, Walston J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Bio Sci Med Sci* 2001;56^a:M146-M156.
10. - Sayers SP. High-speed power training: a novel approach to resistance training en older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Conditioning Research* 2007;21(2):518-526
11. - Serra-Rexach JA. Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutr Hosp.* 2006;21(Supl.3):46-50.
12. - Hardy SE, Dubin JA, Holford TR, Gill TM. Transitions between states of disability and independence among older persons. *Am J Epidemiol* 2005;161:575-584.
13. - Guralnik JM, Ferruci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 rears as a predictor of subsequent disability. *N*

Engl J Med 1995;332:556-61.

14. - Avila-Funes JA, Gray-Donald K, Payette H. Medición de las capacidades físicas en adultos mayores de Québec: un análisis secundario del estudio NUAge. Salud Publica Mex 2006;48:446-454.

15. - Porter M. Power training for older adults. Appl Physiol Nutr Metab 2006;31:87-94.

16. - Ferri A, Scaglioni S, Pousson M, Capodaglio P, Van Hoecke J, Narici MV. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. Acta Physiol Scand 2003;177:69-78.

17. - Bean J; Herman S, Kiely DK, et al. Weighted stair climbing in mobility-limited older people: a pilot study. J Am Geriatr Soc 2002;50:663-670.

18. – Lopategui-Corsino E. Conceptos básicos de aptitud física. 2000. Disponible en: <http://www.saludmed.com/Salud/AptFisica/CB-ApFi.html>

19. - Evans WJ. Reversing sarcopenia: how weight training can build strength and vitality. Geriatrics 1996;51:46-53.

20.- Yarashesski KE, Loduca JP, Hasten DL, Obert KA, Brown MB, Sinacore DR. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men ≥ 76 yr old. Am J physiol 1999;40:E118-E125.

21. - Henwood TR, Taaffe DR. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. Gerontology 2005;51:108-115.

22. - Vincent KR, Braith RW, Feldman RA, et al. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. J Am Geriatr Soc 2002;50:1100-1107.

23. - Fielding RA, LeBasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone MA. High-velocity resistance training increased skeletal muscle peak power in older woman. J am Geriatr Soc 2002;50:655-662.

24.- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. JAMA 1990;263:3029-3034.

25. - Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al. Exercise training and nutritional supplementation por physical frailty in very elderly people. N Engl J Med 1994;330:1769-75.

26. - Alexander NB, Galecki AT, Grenier ML, et al. Task-specific resistance training to improve the ability of activities of daily living-impaired older adults to rise from a bed

from a chair. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:1418-1427.

27.- Runge M, Aerpah-Klinik Esslingen. Training balance and exercise in elderly. *J Muskuloskel Interact* 2000;1:54-58.

28. - Bean JF, Herman S, Kiely DK, et al. Increased velocity exercise specific to task (INVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:799-804.

29. - Argimón-Pallás JM, Jiménez-Villa J. Tamaño de la muestra. En: *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. Madrid, España. 3ª. Ed. 2004 pp 140-150.

30. - Binder EF, Schechtman KB, Ehsani AA, et al. Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial. *J Am Geriatric Soc* 2002;50:1921-1928.

31. - Capodaglio P, Capodagliuo EM, Ferri A, Scaglioni G, Marchi A, Saibene F. Muscle function and functional ability improves more in community-dwelling Older women with a mixed-strength training programme. *Age Ageing* 2005;34:141-147.

32. - Rosie H, Taylor D. Sit-to-stand as home exercise for mobilite-limited adults over 80 years of age- GrandStand System™ may keep you standing? *Age Ageing* 2007;36:555-562

33. - Marijke JM, Chin AP, Jannique GZ, Riphagen I, van Mechelen W. The functional effects of physical exercise training in frail older people. *Sports Med* 2008;38(9):781-793.

34. - Henwood TR, Taaffe DR. Short-term resistance training and the older adults: the effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. *Clin Physiol Funct Imaging* 2006;26:305-313.

35. - Krebs DE, Scarborough DM, McGibbon CA. Functional vs. strength training in disabled elderly outpatients. *Am J Phys Med Rehabil* 2007;86:93-103.

36. – Zimmermann K. Entrenamiento muscular. Barcelona: Paidotribo;2004.

37. - Verney J, Kadi F, Saafi MA, Piehl-Aulin K, Denis Ch. Combined lower body endurance and upper body resistance training improve performance and health parameters in healthy active elderly. *Eur J Appl Physiol* 2006;97:288-297.

38. - Galvao DA, Taaffe DR. Resistance exercise dosage in older adults: single Versus multiset effects on physical performance and body composition. *J Am Geriatr Soc* 2005;53:2090-2097.
39. - Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sport Exerc* 2000;32:1505-1512
40. - Cannon J, Kay D, Tarpenning KM, Marino FE. Comparative effects of resistance training on peak isometric torque, muscle hypertrophy, voluntary activation and surface EMG between young and elderly women. *Clin Physiol Funct Imaging* 2007;27:91-100
41. - Jan MH, Lin JJ, Liao J, et al. Investigation of clinical effects of high-and low resistance training for patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2008;88:427-436.
- 42.- Flanagan S, Salem GJ, Wang MY, Sanker SE, Greendale GA. Squatting exercises in older adults: kinematic and kinetic comparisons. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(4):635-643.
43. - Sahrman S. Diagnóstico y tratamiento de los síndromes de alteración del Movimiento. Barcelona. Paidotribo;2006.
44. - Häkkinen K, Alie M, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, et. al. Muscle CSA, force production, and activation of leg Extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *J Aging Phys Activity* 1998;6(3):232-247
45. - Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:743-749.

12. ANEXOS

ANEXO 1

Escala de Percepción de Esfuerzo Borg

6	No se siente nada, semeja a las sensaciones durante el reposo.
7	Muy muy leve
8	
9	Muy leve
10	
11	Suave
12	
13	Moderado
14	
15	Pesado
16	
17	Muy pesado
18	
19	Muy, muy pesado
20	Esfuerzo máximo

Se utiliza para indicar la sensación de esfuerzo, incomodidad o fatiga durante el ejercicio. Se explica antes de su uso, que cuando se le da valor a la percepción de esfuerzo, ésta no es una respuesta correcta o no, simplemente es lo que la persona percibe. Por ejemplo en número 6 se refiere a las sensaciones que se perciben durante el reposo mientras que el número 20 se refiere al nivel máximo de esfuerzo percibido.

ANEXO 2




¡ATENCIÓN!
ADULTOS MAYORES

¿Le interesa saber cómo está la fuerza de sus piernas?
¿Tiene falta de fuerza en las piernas?

**Hay oportunidad de mejorar esa falta de fuerza en las piernas.
Con un PROGRAMA DE EJERCICIOS en casa.**




En el Aula de Laboratorio
Lo podemos revisar
LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES
De 12 a 15 h
Dra. Rosa Ma. Cortés González
Dr. Heriberto Díaz
HGZ 27 Medicina Interna - GERIATRÍA

ANEXO 3

CATEGORIAS DE PRUEBAS DE CAPACIDADES FISICAS.

Categoría	Levantarse de silla. Seg.	Velocidad de la marcha. Seg.	Equilibrio en un pie. Seg.	Levántate y anda. Seg.
0	-	-	-	-
1	≥ 12.63	≥ 4.4	≤ 2.75	≥ 11.63
2	10.59-12.62	3.90-4.39	2.76-6.15	10.30-11.62
3	8.70-10.58	3.44-3.89	6.16-18.67	9.10-10.29
4	≤ 8.69	≤ 3.43	≥ 18.68	≤ 9.09

MINIMO: 4 PUNTOS.

MAXIMO: 16 PUNTOS.

CAPACIDAD FISICA ÓPTIMA: Igual o $>$ 11 PUNTOS.

CAPACIDAD FISICA DISMINUIDA: Igual o $<$ de 10 PUNTOS.

ANEXO 4

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACION EN

PROYECTOS DE INVESTIGACION CLINICA

México DF a _____ de _____ de 200____.

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación titulado "EFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS DE FORMAS DINÁMICAS CON PESO, COMPARADO CON UN PROGRAMA DE BAJA RESISTENCIA Y VELOCIDAD PARA MEJORAR POTENCIA MUSCULAR DE EXTREMIDADES INFERIORES Y CAPACIDAD FÍSICA EN ADULTOS MAYORES FRÁGILES". Registrado ante el Comité local de Investigación del Hospital General de Zona 27 "Dr. Alfredo Badallo García", con el número R-2007-3503-1.

El objetivo de este estudio es comprobar que un programa de ejercicios empleando un chaleco con peso, haciendo movimientos que se parecen a la actividad diaria en una persona mayor, que se mueve con limitaciones, puede mejorar la fuerza de sus piernas comparado con otro programa que sólo utilice el propio peso del cuerpo. De obtener mejoría con los ejercicios usando un chaleco con peso, más personas mayores podrían ser instruidas para realizarlos y con ellos mejorar la fuerza en sus piernas, para moverse con menos riesgo de caerse.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en ser revisado con estudios generales y pruebas específicas de fuerza de piernas como levantarse de una silla y después ser incluido en uno de las dos formas de ejercicios que se llevarán a cabo, también se me ha explicado que puedo quedar incluido en alguno de los dos programas de ejercicio y la posibilidad estaría dada por el azar, como lanzar una moneda al aire. El riesgo de realizar ejercicio, es que podría causar al inicio un poco de dolor, que debe desaparecer al ir practicando el ejercicio. El investigador principal se ha comprometido a darme información y aclarar cualquier duda que tenga acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento que lo considere conveniente sin que ello afecte la atención médica que recibo del IMSS en el servicio de Medicina Interna del HGZ No. 27 “Dr. Alfredo Badallo García”.

El investigador principal me ha dado garantía de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados de mi privacidad serán, manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque esta pueda hacerme cambiar de parecer respecto a mi permanencia en el mismo.

Nombre y firma del paciente
(O familiar)

Nombre, matrícula y firma del
Investigador.

Testigo.

Testigo

Investigador principal: Rosa María Cortés González

Tel. 044 55 12 59 42 41

De lunes a viernes acudir el Hospital General de Zona 27 IMSS de 8 a 15h.

ANEXO 5

Índice de Barthel

Comer:					
• Independiente. Capaz de usar cualquier instrumento necesario. Comer en un tiempo razonable					10
• Necesita ayuda para cortar la carne o el pan, extender la mantequilla,					5
• Dependiente.....					0
Empleo de ducha o baño:					
• Independiente. Capaz de lavarse entero usando la ducha o baño. Entra y sale solo del baño puede hacerlo sin estar otra persona presente					5
• Dependiente.....					0
Vestirse:					
• Independiente. Capaz de ponerse y quitarse la ropa, atarse los zapatos, abotonarse y colocarse otros complementos que precise sin ayuda					10
• Necesita ayuda, pero realiza la mitad de la tarea en un tiempo razonable					5
• Dependiente					0
Aseo personal:					
• Independiente. Incluye lavarse la cara y las manos, peinarse, maquillarse, afeitarse, limpiarse los dientes					5
• Dependiente.....					0
Control anal (valorar la semana previa):					
• Continente. Ningún episodio de incontinencia. Si necesita enema o supositorio se lo autoadministra					10
• Ocasional. Un episodio de continencia. Necesita ayuda para administrarse enema o supo.					5
• Incontinente.....					0
Control vesical (valorar la semana previa):					
• Continente. Ningún episodio de incontinencia. Si necesita sonda o colector es capaz de cuidarlo solo					10
• Ocasional. Máximo un episodio de incontinencia 24 horas. Necesita ayuda, cuidado de sonda o colector					5
• Incontinente.....					0
Uso de retrete:					
• Independiente. Usa retrete, bacinilla o cuña sin ayuda y sin manchar. Si va al retrete se quita y pone la ropa, se sienta y se levanta sin ayuda, se limpia y tira de la cadena					10
• Necesita ayuda pequeña para mantener el equilibrio, quitar y ponerse la ropa, pero se limpia solo					5
• Dependiente					0
Trasladarse: (sillón / cama):					
• Independiente					15
• Mínima ayuda física o supervisión verbal					10
• Gran ayuda (persona fuerte o entrenada). Es capaz de permanecer sentado sin ayuda					5
• Dependiente. Necesita grúa o ayuda de dos personas; no permanece sentado					0
Desplazamientos:					
• Independiente. Camina solo 50m. Puede ayudarse de bastón, muletas o andador sin ruedas. Si utiliza prótesis es capaz de quitársela y ponérsela.....					15
• Necesita ayuda física o supervisión para andar 50 m					10
• Independiente sin silla de ruedas sin ayuda ni supervisión.....					5
• Dependiente					0
Subir escaleras:					
• Independiente. Puede subir y bajar un piso sin supervisión ni ayuda de otra persona					10
• Necesita ayuda física o supervisión de otra persona.....					5
• Dependiente.....					0
Independiente 86 – 100	Dependiente:	Leve	60 – 85	Grave	20 - 35
		Moderado	40 – 55	Total	0 - 19

ANEXO 6

ESCALA GERIÁTRICA DE DEPRESIÓN (YESAVAGE – BRINK) Versión corta

1	¿Está satisfecho con su vida?	SI	NO
2	¿Ha renunciado a muchas actividades?	SI	NO
3	¿Siente su vida vacía?	SI	NO
4	¿Se encuentra aburrida / o a menudo?	SI	NO
5	¿Tiene buen ánimo a menudo?	SI	NO
6	¿Teme que le pase algo malo?	SI	NO
7	¿Se siente feliz muchas veces?	SI	NO
8	¿Se siente abandonada / o a menudo?	SI	NO
9	¿Prefiere quedarse en casa a salir?	SI	NO
10	¿Cree tener más problemas de memoria que el resto de la gente?	SI	NO
11	¿Piensa que es maravilloso vivir?	SI	NO
12	¿Le cuesta iniciar nuevos proyectos?	SI	NO
13	¿Se siente lleno de energía?	SI	NO
14	¿Siente que su situación es desesperada?	SI	NO
15	¿Cree que mucha gente esta mejor que usted?	SI	NO
	PUNTUACIÓN TOTAL		

Sumar un punto por cada respuesta marcada en *negrilla-cursiva*

NORMAL 0 – 5 **DEPRESIÓN LEVE** 6 – 9 **DEPRESIÓN ESTABLECIDA** 10 o más

ANEXO 7

Mini-Mental State Examination (Folstein)

Orientación

1. ¿Qué año es?
 ¿En qué estación estamos?
 ¿En qué mes estamos?
 ¿Qué día del mes es?
 ¿Qué día de la semana es? (5 puntos)

2. ¿En qué país estamos?
 ¿En qué región?
 ¿En qué ciudad estamos?
 ¿Cómo se llama este hospital?
 ¿En qué planta nos encontramos? (5 puntos)

Memoria inmediata

3. Repetir 3 nombres (árbol, puente, farol), presentarlos hasta que los aprenda y anotar el número de ensayos (3 puntos)

Atención y Cálculo

4. Restar 7 partiendo de 100, 5 veces consecutivas
 Alternativa: deletrear "mundo" de atrás adelante (5 puntos)

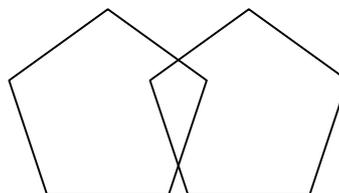
Recuerdo diferido

5. Repetir los 3 nombres aprendidos antes (3 puntos)

Lenguaje y construcción

6. Nombrar un lápiz y un reloj mostrados (2 puntos)
7. Repetir la frase: "Ni síes, ni noes ni peros" (1 punto)
8. Realizar correctamente las tres órdenes siguientes:
 "coja este papel con la mano derecha, dóblelo por la mitad y póngalo en el suelo" (3 puntos)

9. Leer y ejecutar la frase " cierre los ojos" (1 punto)
10. Escribir una frase con sujeto y predicado (1 punto)
11. Copiar el siguiente dibujo (1 punto)

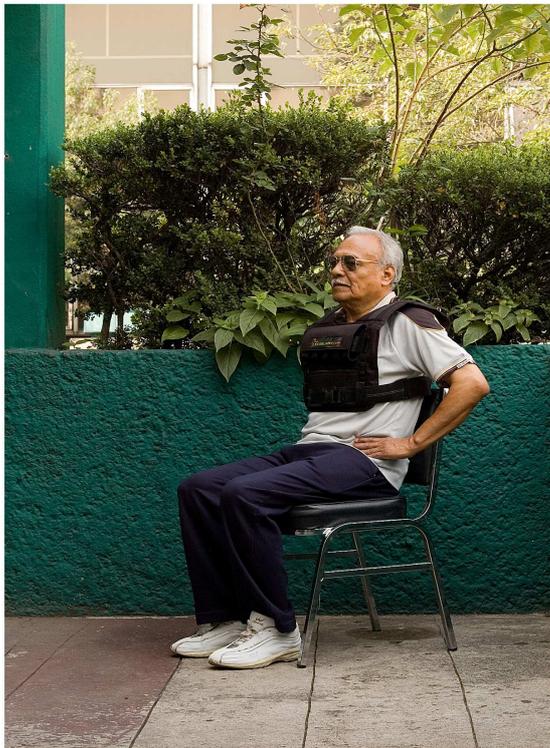


ANEXO 8

Programa de Ejercicios con chaleco

1. Levantarse de una silla.
2. Flexión plantar (pararse de puntas).
3. Elevar la pelvis, parado en un bloque de 5cm de alto, primero en un pie y luego en el otro.
4. Subir un escalón de 20cm alternadamente.
5. Ejercicio en silla.
6. Empujarse en la pared.

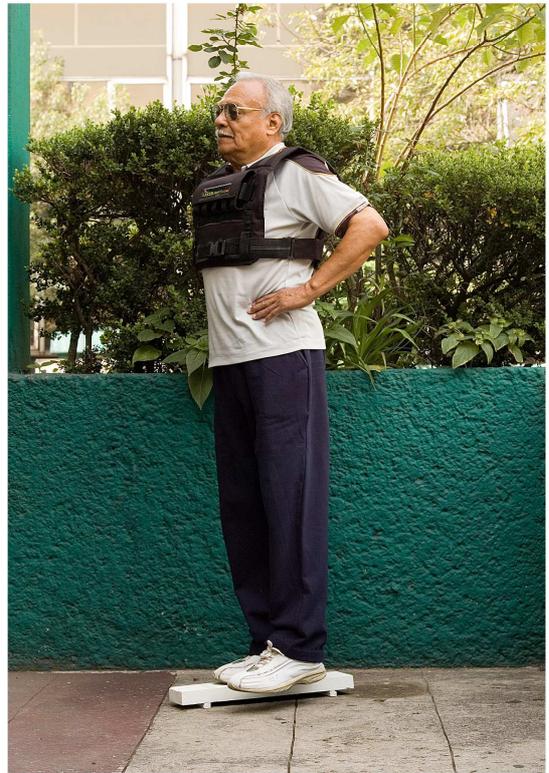
Fotografía: Sergio E, López López.



LEVANTARSE DE LA SILLA



FLEXION PLANTAR



ELEVAR LA PELVIS



SUBIR UN ESCALON



EJERCICIO EN SILLA



EMPUJARSE EN LA PARED

Registro de Ejercicio

Semana _____

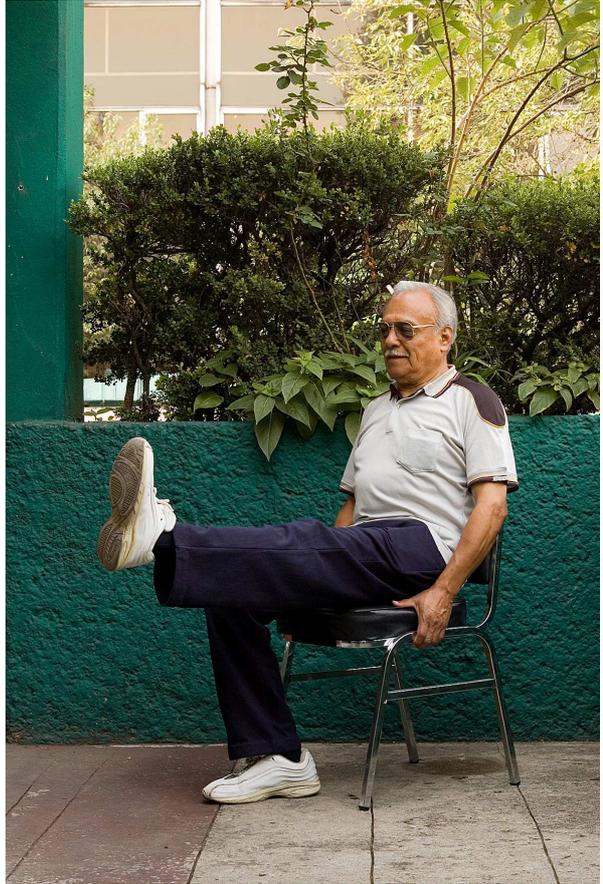
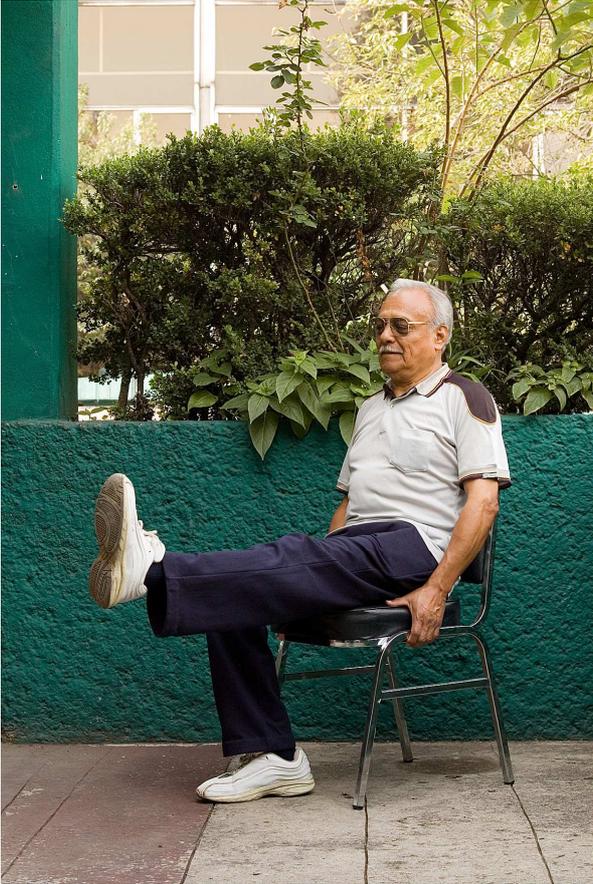
Ejercicio	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1. Levantarse de la silla							
2. Flexión plantar (pararse de puntas)							
3. Elevar la pelvis parado en un bloque de 5 cm. de alto							
4. Subir un escalón de 20cm. alternadamente							
5. Ejercicio en silla							
6. Empujarse en la pared							

Al hacer el ejercicio presenté: dolor__ cansancio__ falta de aire__
mareo__ dolor de pecho__

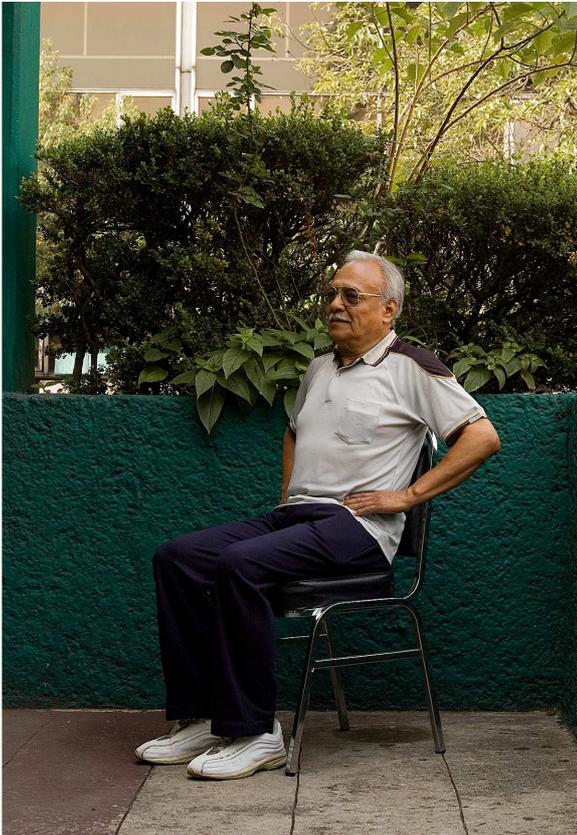
ANEXO 9

Programa de ejercicios Control

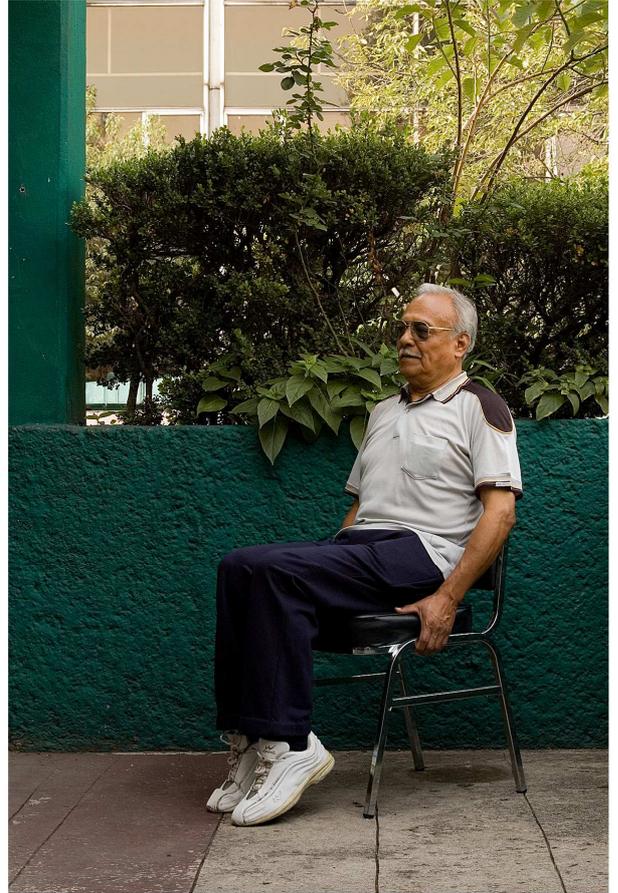
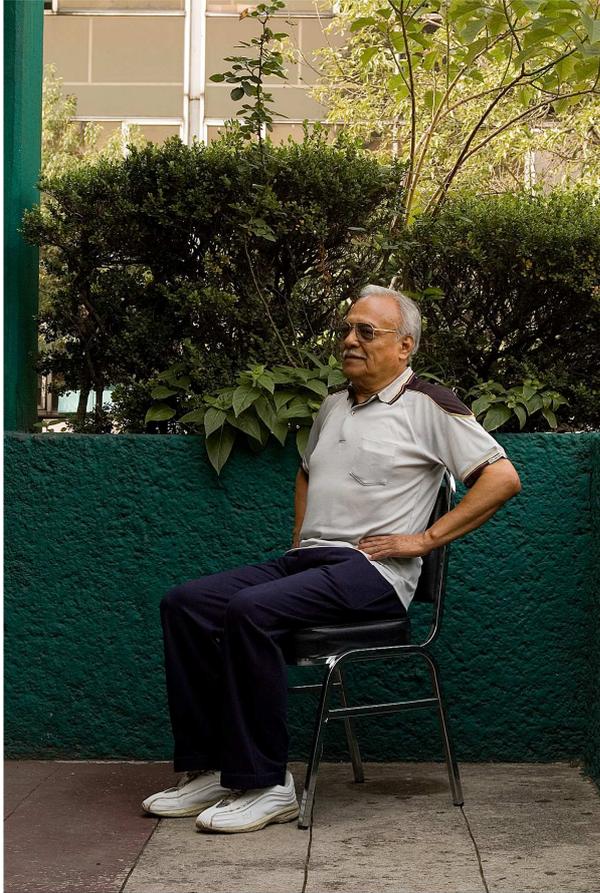
1. Extensión unilateral de rodilla y flexión de cadera.
2. Levantarse de una silla.
3. Flexión plantar.
4. Flexión unilateral de rodilla.
5. Elevación de brazos.
6. Flexión de bíceps.
7. Compresión de tórax.
8. Extensión de tríceps.



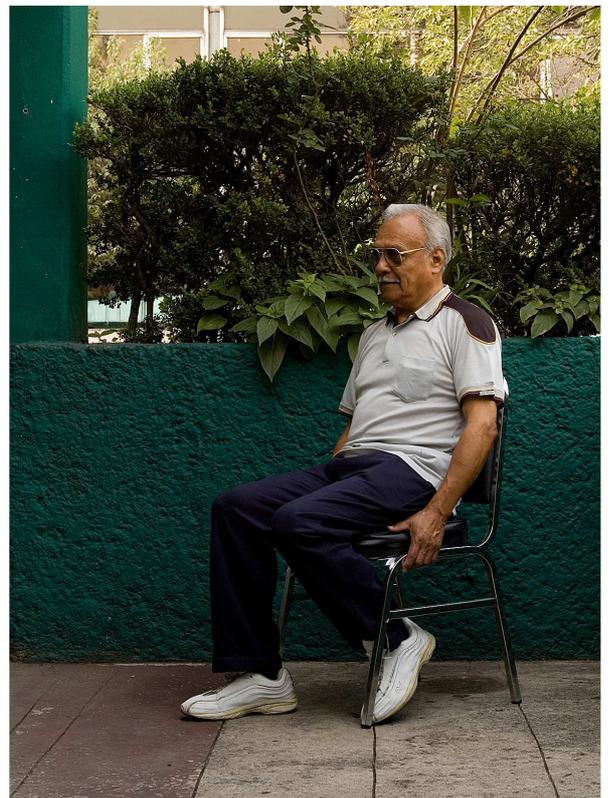
EXTENSION DE RODILLA Y FLEXION DE CADERA



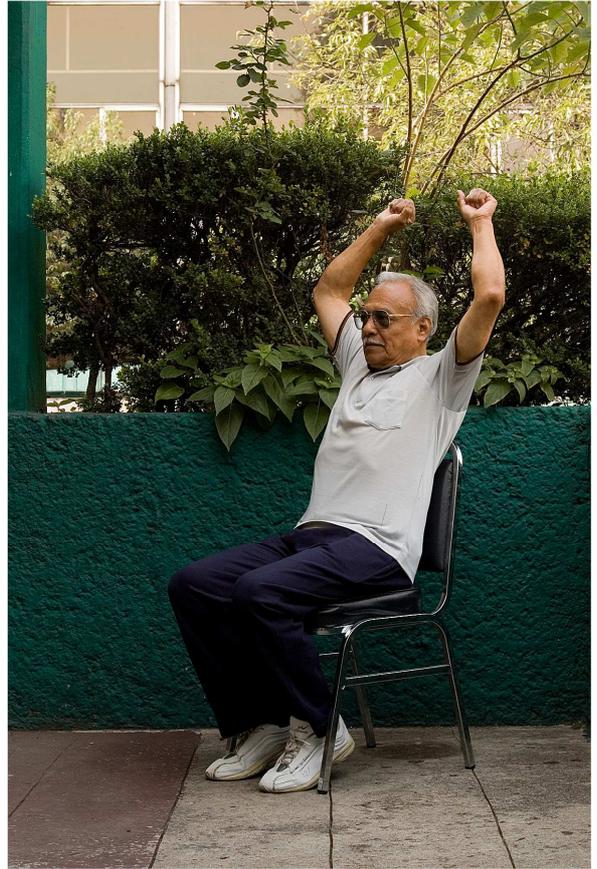
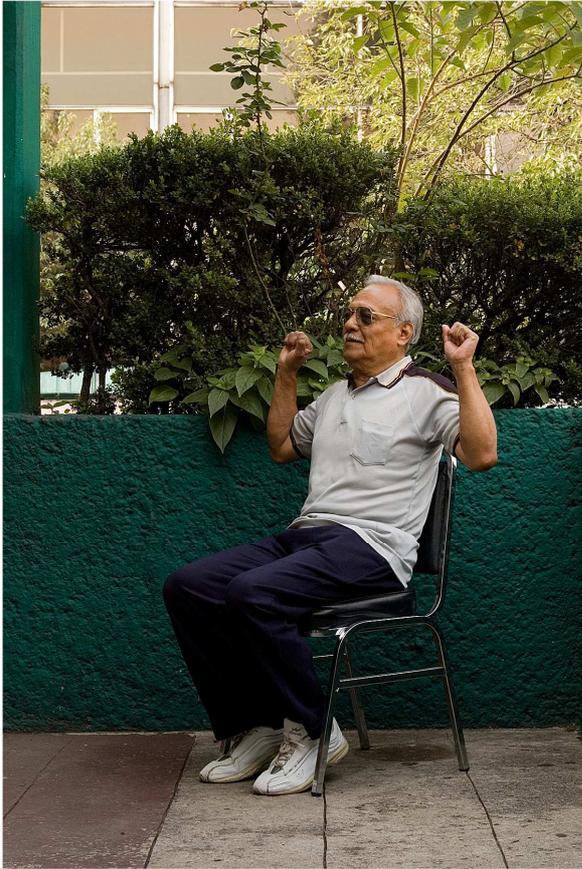
LEVANTARSE DE LA SILLA



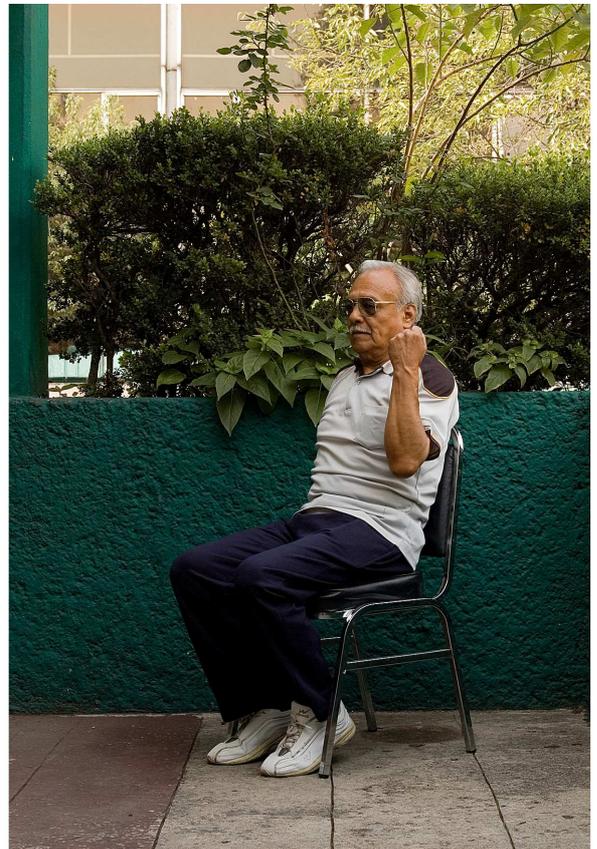
FLEXION PLANTAR



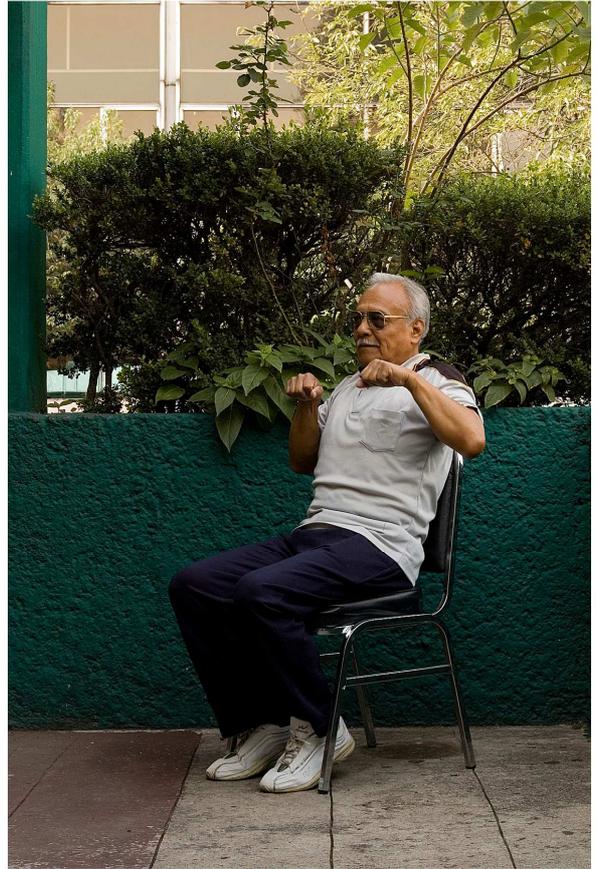
FLEXION DE RODILLA



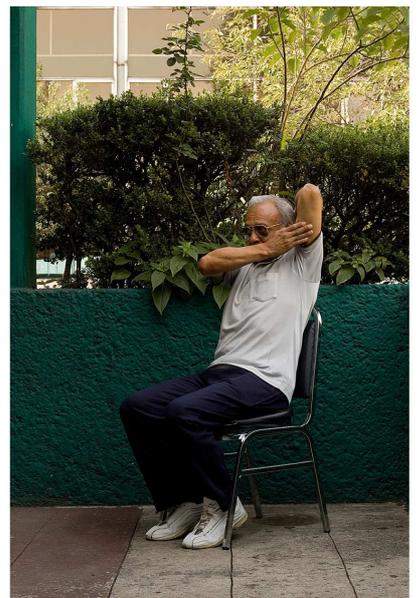
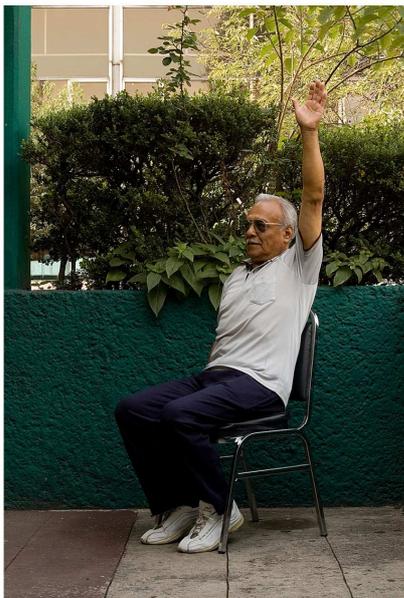
ELEVACION DE BRAZOS



FLEXION DE BICEPS



COMPRESION DE TORAX



EXTENSION DE TRICEPS

Registro de Ejercicios

Semana_____

Ejercicio	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1. Extensión de rodilla y flexión de cadera							
2. Levantarse de la silla							
3. Flexión plantar							
4. Flexión de rodilla							
5. Elevación de brazos							
6. Flexión de bíceps							
7. Compresión de tórax							
8. Extensión de tríceps							

Al hacer el ejercicio presenté: dolor__ cansancio__ falta de aire__ mareo__
dolor de pecho__

ANEXO 10

"EFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS DE FORMAS DINÁMICAS CON PESO, COMPARADO CON UN PROGRAMA DE BAJA RESISTENCIA Y VELOCIDAD PARA MEJORAR POTENCIA MUSCULAR DE EXTREMIDADES INFERIORES Y CAPACIDAD FÍSICA EN ADULTOS MAYORES FRÁGILES"

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Folio:	Fecha inicio:	Fecha término:
Nombre:		
Número Seguridad social:		
Dirección:		
Teléfono:		
Nombre Cuidador Primario:		

Valoración Geriátrica Integral

Diagnósticos enfermedad:		Puntos
Hipertensión arterial controlada	Indice Barthel	
Osteoartritis leve	Folstein	
	GDS	
	Escala Zarit	
Signos vitales:		
TA FC		
Biometría hemática		
Albúmina Colesterol		

Mediciones	Basal	Semana 4	Semana 8	Semana 12
Potencia muscular (w)				
Prueba de Levantarse de una silla cinco veces (s)				
Prueba de velocidad de la marcha (s)				
Prueba de equilibrio en un pie(s)				
Prueba de levántate y anda (s)				

ANEXO 11

Tabla 5. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco lastrado)

Variable	Antes	Después	Prueba de t pareada				
			Diferencia de pares		t	p	
Potencia (Watts)	Media ± DE	Media ± DE	Intervalo				Bajo
			Confianza				
Extensores Izquierdos							
▪ 60°	26.68 ± 12.0	24.72 ± 9.31	1.96 ± 8.44	-5.09	9.02	0.65	0.53
▪ 90°	30.85 ± 18.89	28.60 ± 14.58	2.25 ± 21.16	-15.44	19.94	0.30	0.77
▪ 120°	34.42 ± 25.97	31.53 ± 12.92	2.88 ± 20.76	-14.47	20.24	0.39	0.70
Extensores Derechos							
▪ 60°	19.05 ± 13.73	27.55 ± 11.04	-8.50 ± 10.85	-17.57	0.57	-2.21	0.06
▪ 90°	24.66 ± 16.90	30.93 ± 14.60	-6.27 ± 18.45	-21.70	9.15	-0.96	0.36
▪ 120°	20.17 ± 19.19	31.61 ± 12.21	-11.43 ± 15.46	-24.37	1.49	-2.09	0.07
Flexores Izquierdos							
▪ 60°	12.87 ± 14.25	12.32 ± 6.97	0.55 ± 10.94	-8.60	9.70	0.14	0.89
▪ 90°	13.83 ± 15.19	12.88 ± 9.93	0.95 ± 10.93	-8.18	10.08	0.24	0.81
▪ 120°	14.15 ± 20.02	17.07 ± 8.87	-2.95 ± 17.79	-17.79	11.94	-0.46	0.65
Flexores Derechos							
▪ 60°	9.43 ± 11.02	7.05 ± 5.94	2.38 ± 12.98	-8.47	13.24	.052	0.61
▪ 90°	14.03 ± 16.26	7.56 ± 8.33	6.47 ± 18.25	-8.78	21.73	1.00	0.34
▪ 120°	13.83 ± 20.86	8.95 ± 8.72	4.88 ± 25.29	-16.26	26.03	.054	0.60

Chaleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; DE: desviación estándar.

ANEXO 12

Tabla 6. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de formas dinámicas con peso (Chaleco lastrado)

Variable	Antes	Después	Prueba de t pareada				
			Diferencia de pares		t	p	
Fuerza, pico torque (Nm)	Media ± DE	Media ± DE	Intervalo				Bajo
			Confianza				
Extensores Izquierdos							
▪ 60°	53.87 ± 24.12	43.62 ± 12.87	10.25 ± 17.62	-4.48	24.98	1.64	0.14
▪ 90°	44.37 ± 23.05	34.62 ± 13.22	9.75 ± 22.04	-8.67	28.17	1.25	0.25
▪ 120°	37.62 ± 22.59	31.75 ± 10.01	5.87 ± 17.61	-8.84	20.59	0.94	0.37
Extensores Derechos							
▪ 60°	43.37 ± 15.11	48.12 ± 19.64	-4.75 ± 14.63	-16.98	7.48	-0.91	0.38
▪ 90°	34.5 ± 15.49	39.12 ± 17.04	-4.62 ± 17.67	-19.39	10.14	-0.74	0.48
▪ 120°	25.5 ± 13.84	37.25 ± 16.18	-11.75 ± 15.69	-24.86	1.36	-2.11	0.07
Flexores Izquierdos							
▪ 60°	22.12 ± 24.25	22.62 ± 13.38	-0.50 ± 18.68	-16.12	15.12	-0.076	0.94
▪ 90°	19.75 ± 19.17	18.87 ± 13.04	0.87 ± 12.42	-9.51	11.26	0.19	0.84
▪ 120°	16.25 ± 16.64	19.25 ± 11.10	-3.00 ± 12.05	-13.08	7.08	-0.70	0.50
Flexores Derechos							
▪ 60°	19.87 ± 20.32	14.75 ± 8.53	5.12 ± 20.66	-12.15	22.40	0.70	0.56
▪ 90°	20.37 ± 21.34	11.25 ± 8.98	9.12 ± 21.74	-9.05	27.30	1.18	0.27
▪ 120°	14.87 ± 19.08	10.12 ± 9.56	4.75 ± 23.05	-14.52	24.02	0.58	0.57

Chaleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; DE: desviación estándar

ANEXO 13

Tabla 7. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Control)

Variable	Antes	Después	Prueba de t pareada				
			Diferencia de pares		t	p	
Potencia (Watts)	Media ± DE	Media ± DE	Intervalo Confianza				Bajo
			Extensores Izquierdos				
▪ 60°	15.15 ± 6.39	22.42 ± 6.68	-7.27 ± 7.12	-13.86	-0.67	-2.69	0.03
▪ 90°	14.21 ± 7.73	27.80 ± 10.16	-13.58 ± 10.69	-23.47	-3.69	-3.36	0.01
▪ 120°	17.51 ± 8.68	30.12 ± 8.80	-12.61 ± 7.96	-19.98	-5.24	-4.18	0.006
Extensores Derechos							
▪ 60°	14.86 ± 7.48	21.71 ± 8.0	-6.05 ± 9.90	-16.44	4.34	-1.49	0.19
▪ 90°	16.40 ± 9.24	26.28 ± 10.45	-9.70 ± 18.31	-28.93	9.52	-1.29	0.25
▪ 120°	19.46 ± 7.59	29.04 ± 12.89	-8.51 ± 14.53	-23.77	6.73	-1.43	0.21
Flexores Izquierdos							
▪ 60°	13.32 ± 3.81	7.31 ± 4.40	6.01 ± 4.36	1.97	10.04	3.64	0.01
▪ 90°	15.52 ± 4.42	7.55 ± 5.73	7.97 ± 5.99	2.42	13.51	3.51	0.13
▪ 120°	16.15 ± 5.85	7.11 ± 5.44	9.04 ± 4.21	5.14	12.94	5.67	0.001
Flexores Derechos							
▪ 60°	12.9 ± 6.49	8.38 ± 4.29	3.78 ± 6.24	-2.76	10.33	1.48	0.19
▪ 90°	14.48 ± 10.04	10.90 ± 4.76	2.33 ± 7.97	-6.03	10.69	0.71	0.50
▪ 120°	14.48 ± 8.92	8.72 ± 3.95	4.40 ± 7.67	-3.65	12.45	1.40	0.21

Control: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad; DE: desviación estándar.

ANEXO 14

Tabla 8. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, antes y después de 12 semanas de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad (Control)

Variable	Antes	Después	Prueba de t pareada			
			Diferencia de pares		t	p
Fuerza, pico torque (Nm)	Media ± DE	Media ± DE	Intervalo			
			Confianza			
			Bajo	Alto		
Extensores Izquierdos						
▪ 60°	32.85 ± 10.96	41.14 ± 14.28	-8.28 ± 12.61	-19.95 3.38	-1.37	0.13
▪ 90°	23.14 ± 8.74	34.85 ± 9.80	-11.71 ± 8.75	-19.80 -3.62	-3.54	0.01
▪ 120°	19.85 ± 7.58	31.14 ± 9.42	-11.28 ± 9.96	-20.49 -2.07	-2.99	0.02
Extensores Derechos						
▪ 60°	30.0 ± 14.54	38.85 ± 15.22	-6.00 ± 15.38	-22.14 10.14	-0.95	0.38
▪ 90°	23.66 ± 11.23	35.14 ± 10.96	-9.38 ± 17.15	-27.83 8.16	-1.40	0.21
▪ 120°	23.0 ± 6.66	32.28 ± 9.91	-7.66 ± 10.09	-18.25 2.92	-1.86	0.12
Flexores Izquierdos						
▪ 60°	22.42 ± 5.62	14.71 ± 6.89	7.71 ± 5.58	2.54 12.88	3.65	0.01
▪ 90°	19.42 ± 5.28	10.71 ± 6.12	8.71 ± 7.04	2.20 15.22	3.27	0.01
▪ 120°	21.14 ± 9.85	9.00 ± 4.89	12.14 ± 11.30	1.68 22.59	2.84	0.02
Flexores Derechos						
▪ 60°	21.5 ± 8.78	16.57 ± 6.47	4.16 ± 7.80	-4.02 12.36	1.30	0.24
▪ 90°	17.16 ± 8.51	15.00 ± 4.76	1.16 ± 6.91	-6.08 8.41	0.41	0.69
▪ 120°	15.0 ± 6.63	11.28 ± 4.42	2.16 ± 6.40	-4.55 8.88	0.82	0.44

Control: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad; DE: desviación estándar.

ANEXO 15

Tabla 9. Mediciones de potencia muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, luego de 12 semanas de ejercicios.

Variable	Grupo Chaleco Lastrado	Grupo Control	Prueba de <i>t</i> Student				
			Diferencia de medias		t	p	
Potencia (Watts)	Media ± DE	Media ± EE	Intervalo				Bajo
			Confianza				
Extensores Izquierdos							
▪ 60°	24.72 ± 9.31	22.42 ± 6.68	2.96 ± 4.24	-6.88	11.47	0.54	0.59
▪ 90°	28.60 ± 14.58	27.80 ± 10.16	0.80 ± 6.59	-13.44	15.04	0.12	0.90
▪ 120°	31.53 ± 12.92	30.12 ± 8.80	1.40 ± 5.80	-11.12	13.94	0.24	0.81
Extensores Derechos							
▪ 60°	27.55 ± 11.04	21.71 ± 8.00	5.83 ± 5.05	-5.07	16.74	1.15	0.26
▪ 90°	30.93 ± 14.60	26.28 ± 10.45	4.65 ± 6.65	-9.72	19.02	0.69	0.49
▪ 120°	31.61 ± 12.21	29.04 ± 12.89	2.56 ± 6.48	-11.44	16.58	0.39	0.69
Flexores Izquierdos							
▪ 60°	12.32 ± 6.97	7.31 ± 4.40	5.01 ± 3.06	-1.61	11.64	1.63	0.12
▪ 90°	12.88 ± 9.93	7.55 ± 5.73	5.33 ± 4.27	-3.91	14.57	1.24	0.23
▪ 120°	17.07 ± 8.87	7.11 ± 5.44	9.96 ± 3.87	1.58	18.33	2.57	0.02
Flexores Derechos							
▪ 60°	7.05 ± 5.94	8.38 ± 4.29	-1.33 ± 2.71	-7.19	4.52	-0.49	0.63
▪ 90°	7.56 ± 8.33	10.90 ± 4.76	-3.33 ± 3.58	-11.07	4.40	-0.93	0.36
▪ 120°	8.95 ± 10.00	8.72 ± 3.95	0.22 ± 3.83	-8.41	8.85	0.05	0.95

C

haleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; Control: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad; DE: desviación estándar; EE: error estándar.

ANEXO 16

Tabla 10. Mediciones de fuerza muscular de extremidades inferiores en adultos mayores frágiles, luego de 12 semanas de ejercicios.

Variable	Grupo Chaleco Lastrado	Grupo Control	Prueba de <i>t</i> Student				
			Diferencia de medias		t	p	
Fuerza, pico torque (Nm)	Media ± DE	Media ± DE	Intervalo				Bajo
			Confianza				
Extensores Izquierdos							
▪ 60°	43.62 ± 12.82	41.14 ± 14.28	2.48 ± 6.99	-12.63	17.60	0.35	0.72
▪ 90°	34.62 ± 13.22	34.85 ± 9.80	-0.23 ± 6.09	-13.39	12.97	-0.038	0.97
▪ 120°	31.75 ± 10.01	31.14 ± 9.42	0.60 ± 5.04	-10.28	11.50	0.12	0.90
Extensores Derechos							
▪ 60°	48.12 ± 16.94	38.85 ± 15.22	9.26 ± 8.36	-8.81	27.34	1.10	0.28
▪ 90°	39.12 ± 17.04	35.14 ± 10.96	3.98 ± 7.53	-12.29	20.26	0.52	0.60
▪ 120°	37.25 ± 16.18	36.28 ± 9.91	4.96 ± 7.06	-10.30	20.22	0.70	0.49
Flexores Izquierdos							
▪ 60°	22.62 ± 13.38	14.71 ± 6.89	7.91 ± 5.63	-4.25	20.07	1.40	0.18
▪ 90°	18.87 ± 13.04	10.71 ± 6.12	8.16 ± 5.40	-3.50	19.83	1.51	0.15
▪ 120°	19.25 ± 11.10	9.00 ± 4.89	10.25 ± 4.55	0.40	20.09	2.25	0.04
Flexores Derechos							
▪ 60°	14.75 ± 8.53	16.57 ± 6.47	-1.82 ± 3.96	-10.37	6.73	-0.46	0.65
▪ 90°	11.25 ± 8.98	15.00 ± 4.76	-3.75 ± 3.65	-11.79	4.29	-1.02	0.32
▪ 120°	10.12 ± 9.56	11.28 ± 4.42	-1.60 ± 3.77	-9.55	7.23	-0.30	0.76

Chaleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; Control: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad; DE: desviación estándar; EE: error estándar.

ANEXO 17

Tabla 11. Pruebas de capacidades físicas antes y después de 12 semanas de programa de ejercicios, en adultos mayores frágiles.

	Antes	Después	Prueba de t pareada				
	Media \pm DE	Media \pm DE	Diferencia de pares				
			Intervalo Confianza	t	p	Bajo	Alto
GRUPO CHALECO LASTRADO							
Pruebas de Capacidades Físicas							
• Levantarse de la silla	14.43 \pm 4.50	11.37 \pm 2.96	3.05 \pm 2.05	1.34	4.77	4.20	0.004
• Velocidad de la marcha	4.93 \pm 1.15	4.63 \pm 2.11	0.30 \pm 1.40	-0.86	1.48	0.62	0.55
• Equilibrio en un pie	1.35 \pm 0.76	1.13 \pm 0.53	0.21 \pm 0.57	-0.26	0.70	1.06	0.32
• Prueba de Lázaró	15.05 \pm 3.69	14.47 \pm 6.40	0.58 \pm 3.53	-2.37	3.53	0.46	0.65
Puntaje Global	5.75 \pm 1.58	7.87 \pm 2.94	-2.12 \pm 1.55	-3.42	-0.82	-3.87	0.006
GRUPO CONTROL							
Pruebas de Capacidades Físicas							
• Levantarse de la silla	13.36 \pm 1.44	12.51 \pm 3.19	0.85 \pm 2.29	-1.27	2.97	0.97	0.36
• Velocidad de la marcha	4.40 \pm 0.78	4.12 \pm 0.57	0.28 \pm 0.48	-0.16	0.72	1.53	0.17
• Equilibrio en un pie	2.56 \pm 2.07	2.62 \pm 2.16	-0.06 \pm 1.87	-1.79	1.66	-0.87	0.93
• Prueba de Lázaró	13.56 \pm 4.40	12.53 \pm 3.40	1.03 \pm 2.11	-0.92	2.99	1.28	0.24
Puntaje Global	6.14 \pm 1.86	7.57 \pm 3.64	-1.42 \pm 2.50	-3.74	0.89	-1.50	0.18

Chaleco Lastrado: programa de ejercicios de formas dinámicas con peso; DE: desviación estándar; Grupo Control: programa de ejercicios de baja resistencia y baja velocidad.