

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**EFFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL DESEMPEÑO FUNCIONAL, LA
COMPOSICIÓN CORPORAL Y LA FUERZA MUSCULAR EN LOS ADULTOS
MAYORES AL FINALIZAR EL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN CARDIACA
DEL HOSPITAL NACIONAL DE GERIATRÍA Y GERONTOLOGÍA, EN EL AÑO
2019.**

**Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de
Posgrado en Especialidades Médicas para optar al grado y título de Médico
Especialista en Geriatria y Gerontología**

DR. JOSÉ MIGUEL CORDERO CORDERO

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2019

Dedicatoria

A mí familia.

Gracias por el apoyo incondicional durante tantos años de estudio.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, profesores y amigos, definitivamente este proceso no habría sido el mismo sin la ayuda de todos ustedes.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geriátría y Gerontología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Médico Especialista.”



Dr. Óscar Monge Navarro

**Director a.i. del Programa de Posgrado
en Geriátría y Gerontología**



Dra. Mónica Herrera Quesada

Directora de tesis



Dra. Isabel Barrientos Calvo

Lectora



Dra. Lilia Hernández Quirós

Lectora

Tabla de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen.....	vii
Lista de tablas	viii
Lista de gráficos	ix
Lista de abreviaturas	x
Capítulo I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación.....	2
Capítulo II: Marco teórico	4
2.1. Desempeño funcional.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Medición del desempeño funcional en el adulto mayor.	7
2.2. Composición corporal	13
2.2.1. Evaluación de la composición corporal.	13
2.2.2. Cambios en la composición corporal asociados al envejecimiento.	21
2.3. Fuerza Muscular.....	26
2.3.1. Fisiología de la fuerza muscular.	26
2.3.2. Evaluación de la de fuerza muscular.....	28
2.3.3. Impacto del envejecimiento en la fuerza muscular.....	32
2.4. Ejercicio físico en el adulto mayor.....	35
2.4.1. Efecto del ejercicio en la fuerza y el desempeño funcional.....	35
2.4.2. Efecto del ejercicio en la composición corporal.	40
2.4.3. Programas de Rehabilitación Cardíaca en los adultos mayores.....	42
Capítulo III. Objetivos	50
3.1. Objetivo general	50
3.2. Objetivos específicos.....	50
Capítulo IV: Metodología	51
4.1. Tipo de estudio	51
4.2. Diseño del estudio	51

4.2.1. Criterios de inclusión de los participantes.	51
4.2.2. Criterios de exclusión de los participantes.....	51
4.3. Descripción de variables	52
4.3.1. Variables cualitativas.....	52
4.3.2. Variables cuantitativas.....	52
4.4. Análisis estadístico.....	53
Capítulo V: Resultados y Discusión	54
5.1. Resultados	54
5.2. Discusión.....	65
Capítulo VI: Conclusiones	74
Capítulo VII: Recomendaciones y Limitaciones	76
5.3. Recomendaciones.....	76
5.4. Limitaciones	76
Bibliografía	78
Anexos	88
Anexo 1. Hoja de recolección de datos	88
Anexo 2. Hoja de aprobación de filología.....	90

Resumen

En Costa Rica se estima que la población mayor de 65 años pasará de ser un 7% en 2015 a un 13% en 2030 y un 18% en 2045 (más de un millón de personas para ese año). El envejecimiento generalmente está asociado a una disminución en la actividad física, en la masa y en la fuerza muscular, y un aumento en la masa grasa. Estos cambios se han asociado a efectos adversos en la salud de las personas adultas mayores siendo estos minimizado a través de la actividad y el ejercicio. La enfermedad cardiovascular es la principal causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, y está muy influenciada por el estilo de vida. La rehabilitación cardíaca es una intervención compleja, que se le puede ofrecer a pacientes con alguna patología cardíaca, e incluye varios componentes, que van desde educación hasta un programa de ejercicio físico. Se ha documentado que disminuye la mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones y además mejora la capacidad funcional. Varios estudios han reconocido que los adultos mayores se ven también beneficiados de participar en estos programas. Los programas de ejercicio físico en las personas adultas mayores, incluidos los programas de rehabilitación cardíaca, deben contar con ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento muscular y flexibilidad.

El Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología cuenta con el programa de rehabilitación cardíaca desde el 2013, aproximadamente ingresan 60 pacientes al año al programa. Cada programa tiene una duración aproximada de 4 meses (32 sesiones), los pacientes que se ingresan requieren de una valoración del desempeño funcional y composición corporal inicial y al finalizar el programa.

El objetivo de esta investigación fue analizar el efecto del ejercicio físico en el desempeño funcional, en la composición corporal y en la fuerza muscular de los pacientes adultos mayores al finalizar el programa de rehabilitación cardíaca del Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología, en el año 2019.

Se realizó un estudio retrospectivo, observacional descriptivo con base en registros médicos, los pacientes se obtuvieron de la base de datos del programa de rehabilitación cardíaca del HNGG. Se incluyeron los pacientes que ingresaron en el 2019, que completaron el programa, y que contaban con las valoraciones de desempeño funcional, fuerza muscular y composición corporal iniciales y finales.

La población fue de 30 pacientes, en su mayoría de sexo masculino, con edades principalmente entre 70 y 79 años. La mayor parte está casada, tiene al menos 12 años de escolaridad, recibe pensión, y vive en San José.

La mayoría de los pacientes que completaron el programa, al momento de iniciar tenían un desempeño funcional normal. Mejoraron todas las pruebas de desempeño funcional de forma significativa (prueba corta de desempeño físico, prueba de levantarse de la silla 5 veces, velocidad de la marcha y caminata de 6 minutos). No hubo mejoría significativa en la dinamometría. La mayoría de los pacientes tenían un índice de masa corporal mayor o igual a 27kg/m^2 (sobrepeso y obesidad). No hubo cambios de importancia en el porcentaje de grasa corporal ni en el índice de músculo esquelético al finalizar el programa.

Se debe fomentar la participación de pacientes en los programas de rehabilitación cardíaca, incluso si estos tienen pobre desempeño funcional, ya que se ha documentado también tienen beneficio importante.

Lista de tablas

Tabla 1. Distancia recorrida en 6 minutos al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	56
Tabla 2. Velocidad de la marcha al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	56
Tabla 3. Tiempo de levantarse y sentarse de la silla cinco veces al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	57
Tabla 4. Puntuación en la prueba corta de desempeño físico al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	57
Tabla 5. Índice de masa corporal al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	58
Tabla 6. Porcentaje de grasa corporal al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	59
Tabla 7. Porcentaje de masa muscular al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	59
Tabla 8. Masa muscular al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca. ..	60
Tabla 9. Índice de musculo esquelético al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	60
Tabla 10. Dinamometría al iniciar y al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.	61
Tabla 11. Valor promedio inicial, final y diferencia en las pruebas de desempeño y dinamometría según sexo.....	62
Tabla 12. Valor inicial, final y diferencia en las pruebas de desempeño y dinamometría según la prueba corta de desempeño inicial.....	63
Tabla 13. Valor promedio inicial, final y diferencia de las pruebas de desempeño y dinamometría, según dinamometría baja o normal al inicio de la rehabilitación cardiaca.	64
Tabla 14. Valor promedio inicial, final y diferencia de las pruebas de desempeño y dinamometría, según velocidad de marcha baja o normal al inicio de la rehabilitación cardiaca.	65

Lista de gráficos

Gráfico 1. Distribución por grupos de edad de los pacientes que terminaron el programa de rehabilitación cardiaca.....	54
Gráfico 2. Distribución por sexo del IMC inicial de los pacientes que completaron el programa de rehabilitación cardiaca.	58

Lista de abreviaturas

OMS: Organización Mundial de la Salud

HNGG: Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología

IMC: Índice de Masa Corporal

MG: Masa Grasa

MLG: Masa Libre de Grasa

DXA: Absorciometría de rayos X de energía dual

BIA: Análisis de bioimpedancia

RC: Rehabilitación Cardíaca

TE: Tamaño del efecto

pts: puntos

Capítulo I

1.1. Introducción

Actualmente transitamos en un mundo envejecido donde las personas viven hasta edades más avanzadas. Para el 2030, el envejecimiento progresivo de la población llevará a un aumento en la proporción de personas mayores de 65 años del 17,4% en el 2010 al 25,6%, y la población de personas mayores casi se duplicará en Europa de 87,5 millones en 2010 a 152,6 millones en 2060 (1).

En Costa Rica se estima que la población mayor de 65 años pasará de ser un 7% en 2015 a un 13% en 2030 y un 18% en 2045 (más de un millón de personas para ese año). En este país, un 19% de las personas mayores a 60 años tiene algún tipo de discapacidad, y un 46% corresponde a una discapacidad física. Esta discapacidad en muchas ocasiones va acompañada de mayor nivel de dependencia (2).

El envejecimiento generalmente está asociado a una disminución en la actividad física, en la masa y en la fuerza muscular, y paradójicamente con un aumento en la masa grasa. Estos cambios se han asociado a efectos adversos en la salud de las personas adultas mayores siendo estos minimizado a través de la actividad y el ejercicio (3).

El ejercicio físico es imprescindible no solo para mejorar el bienestar y la salud, sino también para la prevención de enfermedades crónicas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la inactividad física es el cuarto factor de riesgo principal para mortalidad a nivel mundial, lo que pone en riesgo a las personas de desarrollar ciertas condiciones como enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes. A nivel mundial, la

inactividad física es un problema de salud pública creciente, la prevalencia global según la OMS es de 17%, por lo que es fundamental que las personas implementen el ejercicio en la vida diaria, para la prevención de enfermedades y la reducción de riesgos en la salud (4,5).

La enfermedad cardiovascular es la principal causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, y está muy influenciada por el estilo de vida. La rehabilitación cardiaca es una intervención compleja, que se le puede ofrecer a pacientes con alguna patología cardiaca, e incluye varios componentes, que van desde educación hasta un programa de ejercicio físico. Se ha documentado que disminuye la mortalidad (reducción de mortalidad de todas las causas de un 27% y muerte cardiovascular en un 31%), morbilidad, hospitalizaciones y además mejora la capacidad funcional, la calidad de vida y el bienestar psicosocial. Ya en varios estudios se ha reconocido que los adultos mayores se ven también beneficiados de participar en estos programas (6,7).

1.2. Justificación

La participación de los adultos mayores en los programas de rehabilitación cardiaca ha demostrado una reducción de la mortalidad cardiaca entre un 20 a un 30%, contribuyendo, además, con la mejora en la funcionalidad y la calidad de vida. Los programas de ejercicio físico en las personas adultas mayores, incluidos los programas de rehabilitación cardiaca, deben contar con ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento muscular y flexibilidad (7,8).

El Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología cuenta con el programa de rehabilitación cardiaca desde el 2013, aproximadamente ingresan 60 pacientes al año al

programa. Cada programa tiene una duración aproximada de 4 meses (32 sesiones), los pacientes que se ingresan requieren de una valoración del desempeño funcional y composición corporal inicial y al finalizar el programa. Es importante describir los resultados en el desempeño funcional, en la composición corporal y en la fuerza muscular de estas personas, por medio de las distintas herramientas que se utilizan. Exponer estos hallazgos es la razón de esta investigación.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Desempeño funcional

2.1.1. Generalidades.

Se entiende por funcionalidad la capacidad de realizar actividades motoras que requieren acciones musculares, finas o gruesas, y que permiten al individuo vivir de forma independiente, por lo que es un predictor de discapacidad (9).

La función es la capacidad de desempeñar las actividades que son rutinarias para una persona en su vida diaria. Es ampliamente reconocida como un factor importante en la prevención y tratamiento de múltiples condiciones de salud de los adultos mayores. Se define como la habilidad de la persona de realizar actividades que requieran acciones físicas, que van desde el cuidado personal (actividades de la vida diaria) hasta actividades más complejas que requieren combinación de habilidades, a menudo con un componente social. Es un concepto multidimensional, con cuatro subdominios: movilidad (función de las extremidades inferiores), destreza (función de las extremidades superiores), capacidad axial (función del cuello y la espalda) y capacidad para realizar actividades instrumentales de la vida diaria. La función física generalmente se mide objetivamente con pruebas de desempeño o rendimiento físico (10,11).

El estado funcional se refiere al nivel de actividades que la persona puede realizar en su ambiente, incluidas actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, para completar sus necesidades básicas y su papel esperado en la vida diaria. Y la capacidad funcional se refiere al máximo nivel de actividades que la persona puede realizar en un

ambiente estandarizado, para completar tareas, como un reflejo de su capacidad. La función es un concepto dinámico, por lo que tanto el estado funcional como la capacidad funcional a menudo fluctúa (10).

El término desempeño funcional (o desempeño físico) por lo general se refiere a la movilidad, como componente de la función física. En las últimas décadas, se han desarrollado varias pruebas para evaluar el desempeño funcional en los adultos mayores. Dentro de ellas están la prueba de levantarse de la silla cronometrada, la prueba Levántese y Ande (en inglés Timed Up and Go Test, TUG por sus siglas en inglés) y la Batería Corta de Desempeño Físico (11).

El deterioro de la capacidad funcional se asocia con un mayor riesgo de mortalidad por cualquier causa y a complicaciones postoperatorias, estadías hospitalarias más prolongadas y mayores costos hospitalarios y de atención médica. La función es una de las variables más difíciles de recopilar de la historia clínica, y muchos centros de salud no documentan rutinariamente el estado funcional de los pacientes (10).

Actividad física se define como cualquier movimiento del cuerpo producido por los músculos esqueléticos y que requiera gasto de energía, y se puede separar en dominios como ocupacional, deportiva, condicionamiento, doméstica, y otras actividades. En los adultos mayores, la actividad física regular está asociada a un gran número de beneficios potenciales en la salud, incluye la prevención de numerosas enfermedades crónicas, mejorar el estado funcional y psicosocial, incluso es una herramienta importante para contrarrestar la fragilidad. A pesar de esto, la actividad física se considera un problema

de salud pública mayor, por ejemplo en Europa, solamente 22,9% de los adultos mayores cumplen con los criterios mínimo de actividad física aeróbica (11–13).

La actividad física aumenta con la edad, hasta llegar a una meseta durante la edad reproductiva, después de los 50 años, empieza a descender, hasta un mínimo a los 80 años y después de esta edad. El envejecimiento se caracteriza por una reducción fisiológica en la actividad física. Se ha demostrado que la inactividad física se correlaciona inversamente con la supervivencia, esto asociado a un rápido declive de las funciones físicas y psicológicas que conducen a varias enfermedades como la diabetes, la osteoporosis y las enfermedades cardiovasculares. La actividad física regular se ha asociado con un menor riesgo de mortalidad por todas las causas, y se ha observado una mayor mortalidad en personas sedentarias (3,14).

Ejercicio es una forma de actividad física, planeada, estructurada, repetitiva y realizada con la meta de mejorar la salud o el estado físico. Entonces, a pesar de que todo ejercicio es actividad física, no toda actividad física es ejercicio (15,16).

La cantidad de actividad física en el adulto mayor recomendada es al menos 150 minutos de actividad aeróbica de intensidad moderada o 75 minutos de actividad aeróbica de intensidad vigorosa con dos o más días de actividad de fuerza muscular a la semana, además de ejercicios de flexibilidad al menos dos veces a la semana de moderada intensidad, y en pacientes con riesgo de caídas se debe entrenar el balance al menos 3 veces por semana. También se ha reconocido que cualquier cantidad de ejercicio es mejor que ser sedentario (15,16).

2.1.2. Medición del desempeño funcional en el adulto mayor.

La función física se puede valorar desde dos perspectivas, la primera es de forma subjetiva, preguntado a los individuos acerca de sus capacidades para realizar actividades de la vida diaria tanto básicas como instrumentales, y la segunda corresponde a valoraciones objetivas, utilizando pruebas protocolizadas (17).

La capacidad aeróbica decae gradualmente con la edad, y como resultado se observa una habilidad disminuida para realizar actividades físicas como caminar o andar en bicicleta. Un estudio observacional longitudinal reportó una disminución significativa en la caminata de 6 minutos (11%) a los 3 años de seguimiento, en adultos mayores sanos, lo que indica una disminución en la capacidad aeróbica (18).

Mediciones dinámicas del desempeño funcional han sido evaluadas de forma amplia en el ámbito de investigación y ahora se utilizan de forma rutinaria en las evaluaciones a nivel clínico. La deambulación es el tipo de actividad física más frecuente, y es necesaria para realizar la mayoría de actividades de la vida diaria. A partir de esta afirmación es que la medición utilizada más frecuente para objetivar el desempeño en los adultos mayores es la velocidad de la marcha. Esta prueba se realiza en una distancia corta, usualmente 3 o 6 metros, a ritmo de paso normal. Para esta medición, usualmente se realizan dos o más intentos, y se utiliza la velocidad más rápida calculada o el promedio de los intentos, y se expresa por lo general en metros por segundo (m/s) (9,17).

La velocidad de la marcha es un fuerte predictor independiente de mortalidad, incluso después de considerar comorbilidades y déficits fisiológicos que podrían afectar la habilidad de la marcha. Ha demostrado ser útil para predecir hospitalización, mayor

estancia hospitalaria, institucionalización, mala calidad de vida, caídas, discapacidad incipiente y mortalidad. La velocidad de la marcha disminuye de forma dramática con la edad, se ha reportado que un 1,2% de hombres entre 50 a 54 años caminan con una velocidad de 0,6m/s o menos, pero en hombres mayores de 85 años, ese porcentaje aumenta hasta un 31%. Se han definido varios puntos de corte para velocidad de marcha, que incluye menos de 1,0m/s o menos de 0,8m/s (9,17,19).

La velocidad de la marcha es un indicador sencillo y accesible, además puede predecir sobrevida, ya que requiere energía, control de movimiento y de la interacción y funcionamiento de múltiples órganos y sistemas, como el corazón, los pulmones, el sistema circulatorio, nervioso y músculo esquelético. Una marcha lenta puede significar afectación de alguno de estos sistemas y un alto costo energético. Además, la movilidad reducida puede crear un círculo vicioso, que induce a menor actividad física y a desacondicionamiento, ambos con un efecto directo en la salud y la sobrevida (20).

La velocidad de la marcha está influenciada por la edad, como se mencionó anteriormente, pero también existen otros factores como el sexo, el peso y la talla. Varios autores han propuesto que una velocidad de marcha mayor a 1,0m/s sugieren un envejecimiento saludable, mientras que una velocidad de marcha menor a 0,6m/s aumentan la probabilidad de enfermedad, deterioro funcional y discapacidad. En el estudio de Studenski *et al.* la velocidad de marcha de 0,8m/s predijo la expectativa de vida promedio para edad y sexo, una velocidad mayor predijo una expectativa de vida más allá de la mediana, y se documentó que una velocidad mayor a 1,2m/s sugiere una expectativa de vida excepcional. Reconocer estas expectativas de vida ayuda a

implementar intervenciones preventivas que requieren de varios años para que los pacientes se vean beneficiados (9,20).

La velocidad de la marcha tiene mucha utilidad en varios escenarios, incluso para predecir mortalidad y morbilidad en pacientes adultos mayores con enfermedad cardiovascular. Algunos autores sugieren que se debería considerar como otro signo vital. Y por la facilidad con la que se puede aplicar, por el espacio pequeño que requiere, el poco tiempo y entrenamiento de quien lo realiza, es de mucha utilidad clínica (21).

La prueba corta de desempeño físico está diseñada para medir el estado y el desempeño funcional. Fue descrita por primera vez en 1984. Incorpora la valoración de desempeño con tres pruebas: velocidad de marcha en distancia corta (3 o 4 metros), habilidad y tiempo para levantarse de la silla 5 veces, y pruebas de balance. Cada uno de los componentes tiene una calificación que va de 0 a 4, para un total que puede ir de 0 a 12 puntos. Generalmente, los adultos mayores con alto desempeño tienen una puntuación superior a 9. Un pobre desempeño en esta prueba predice discapacidad, riesgo de caídas, hospitalización, pérdida de independencia en actividades de vida diaria, mortalidad, y otros resultados en salud adversos en los adultos mayores (9,17,22,23).

En el estudio FRADEA, realizado en Albacete, España, se describen los valores normativos de las principales herramientas habitualmente utilizadas en la valoración funcional de las personas mayores. En el caso de la prueba corta de desempeño físico se documentó como valor promedio en los adultos mayores de 70 años de la comunidad, una puntuación en 8,6, en el caso de los hombres dicho promedio correspondió a 9,2 y en mujeres 8,2 puntos (24).

Uno de los componentes de la prueba corta de desempeño físico, la habilidad de levantarse de la silla de forma repetida, también es una medición de potencia dinámica y balance, y es predictivo de resultados adversos. También se puede utilizar de forma individual para valorar desempeño funcional. En el estudio FRADEA, se documentó como promedio en adultos mayores de 70 años de la comunidad sanos, una duración de 14,2 segundos en la prueba de levantarse y sentarse 5 veces de la silla, para hombres el promedio fue de 13,3 segundos y para mujeres de 14,8 segundos (17,24).

Otra prueba empleada, que también se usa para valorar movilidad, es la prueba de Levántese y Ande, aquí se le pide al individuo que se levante de la silla, camine 3 metros, de la vuelta, vuelva a la silla y se siente. Es una evaluación rápida, práctica y que requiere de un ambiente pequeño. Además de medir el desempeño funcionalidad, también mide el equilibrio dinámico. Se considera que, si la persona dura 10 segundos o más, tiene un bajo desempeño funcional, y si la persona tarda más de 12 segundos en realizar la prueba, tiene alto riesgo de caídas (17,25).

También se puede valorar el desempeño funcional mediante la realización de caminatas de mayor distancia. En general existen dos enfoques, en el primero se le solicita al participante caminar lo más rápido posible una larga distancia (por ejemplo 400 metros) y en el segundo se le solicita que camine lo más que pueda en un tiempo definido (por ejemplo, en 6 minutos). Esta prueba se ha identificado como una medida válida de resistencia cardiovascular. En la caminata de 6 minutos se le solicita al paciente que camine la distancia más larga posible en 6 minutos, usualmente en un tramo de 30 metros, el paciente puede parar o disminuir la velocidad en cualquier momento, pero debe retomar

la caminata tan rápido como pueda. Para esta prueba se ha documentado en hombres sanos de 59,5 años una distancia media recorrida de 576 metros y en mujeres sanas de 62 años una distancia media recorrida de 494 metros. En el estudio de Enright *et al.* la distancia promedio recorrida en mujeres adultas mayores fue de 367 metros, y en hombres adultos mayores fue de 400 metros, esto en pacientes sanos sin distinción de etnia, específicamente para hombres de 67 años la distancia calculada según sus ecuaciones predictivas fue de 464 metros, y para mujeres fue de 430 metros, para sujetos de peso y talla promedio. La distancia recorrida va a disminuir con la edad, el peor estado de salud, la obesidad, la depresión y el deterioro cognitivo (9,17,23,26,27).

La caminata de 6 minutos se ve reducida por varias enfermedades, como la enfermedad pulmonar obstructiva, la insuficiencia cardiaca, la artritis y las enfermedades neuromusculares. En el estudio de Enright *et al.* se documentó que, a mayor edad, es menor la distancia recorrida, en especial, en los mayores de 85 años. A una circunferencia de cintura mayor y a un peso mayor, están asociados una menor distancia recorrida en la caminata de 6 minutos, esta asociación es más importante que la encontrada con el índice de masa corporal. Además, una talla mayor correlaciona con mayor distancia recorrida tanto en hombres como en mujeres, probablemente asociada a que las personas más altas realizan pasos de mayor longitud. Se evidenció que a mayor fuerza muscular (medido por dinamometría manual), mayor es la distancia recorrida. Como estas variables influyen en la caminata, para adultos sanos existen ecuaciones que incluyen sexo, edad, talla y peso para definir la distancia mínima que debe recorrer la persona en 6 minutos (8,26).

La caminata de 6 minutos predice la capacidad funcional de las personas con falla cardíaca y los beneficios de la rehabilitación cardíaca posterior a presentar enfermedad arterial coronaria sintomática. En falla cardíaca crónica se ha documentado que puede diferenciar entre casos menos a más severos (basados en la clasificación de la Asociación del Corazón de Nueva York (en inglés, New York Heart Association), y se prefiere sobre otras pruebas, ya que es más similar a las actividades de vida diaria. Además, se ha reportado que es un predictor independiente y fuerte para morbilidad y mortalidad en pacientes con disfunción del ventrículo izquierdo. A pesar de que no se han reportado valores de distancia esperados en estos pacientes, esta prueba es ampliamente utilizada para valorar la respuesta a la instauración de tratamientos farmacológicos y programas de entrenamiento físico (5,27).

La caminata de 6 minutos es una de las pruebas más utilizadas para valorar la capacidad funcional. Múltiples estudios han demostrado su capacidad de predecir resultados en enfermedad cardiovascular, incluido falla cardíaca, enfermedad arterial coronaria y en pacientes que se les realiza cirugía cardiovascular. Sin embargo, para realizar esta prueba se requiere de un espacio grande para realizar la caminata (21).

En pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva, una distancia recorrida menor a 300 metros se considera como mal pronóstico y pobres resultados (28).

En el estudio de Kamiya *et al.* realizado en Japón, se estudió la caminata de 6 minutos y la velocidad de la marcha (en 10 metros) en pacientes de 60 años o más con antecedente de insuficiencia cardíaca aguda, cirugía cardíaca o síndrome coronario agudo. La caminata de 6 minutos promedio fue de 381 metros y la velocidad de la marcha

promedio fue de 1,04m/s. Caminatas de 6 metros y velocidades de marcha menores estuvieron asociados a mayor edad, menor IMC y sexo femenino (21).

En este mismo estudio se documentó correlación positiva entre la caminata de 6 minutos y la velocidad de la marcha. Se identificó la velocidad menor a 0,9m/s como punto de corte para predecir una caminata de 6 minutos menor a 300m, y una velocidad menor a 1,05m/s como punto de corte para predecir una caminata de 6 minutos de 400m, esto con una sensibilidad y especificidad mayor al 80% (21).

Se ha documentado, con significancia estadística, que el monitorizar la evolución de los programas de ejercicios y nutricionales con pruebas que valoren el desempeño de forma objetiva (como la velocidad de la marcha, fuerza de prensión, prueba corta de desempeño, Levántese y Ande) optimizan los resultados de dichos programas, mejoran la función física y el estado de fragilidad de las personas adultas mayores. Además, la mayoría de estas pruebas se pueden completar en menos de 10 minutos (29).

2.2. Composición corporal

2.2.1. Evaluación de la composición corporal.

La evaluación de la composición corporal proporciona información sobre el estado nutricional y la capacidad funcional del cuerpo humano. Es útil en nutrición para describir el crecimiento y el desarrollo desde el nacimiento hasta la edad adulta y para comprender los orígenes evolutivos de la salud y la enfermedad, al diseñar estrategias nutricionales, y en el seguimiento de las intervenciones terapéuticas (30).

Independientemente de la grasa corporal, que es un indicador del almacenamiento de energía a largo plazo, los músculos esqueléticos son de gran importancia, y para comprender el equilibrio metabólico entre los compartimientos de grasa y músculo, se debe medir la composición corporal (30).

La metodología de análisis de composición corporal divide la masa corporal en componentes sobre la base de diferentes propiedades físicas. Estas técnicas se utilizan en el estudio y manejo de estados de enfermedad y se han aplicado a la medición de los efectos del ejercicio y durante el envejecimiento. Dependiendo de la metodología utilizada, se pueden describir diferentes compartimientos corporales y modelos de diversa complejidad (31).

Las mediciones antropométricas, las cuales no son invasivas, ayudan a evaluar el estado nutricional, identificar a las personas en riesgo, controlar la eficacia de una intervención nutricional y proporcionar información sobre las reservas de grasa y músculo del cuerpo. Como estos son relativamente simples de medir, económicos y no requieren un alto nivel de habilidad técnica, se usan ampliamente en situaciones clínicas y grandes estudios epidemiológicos. A pesar de esto, la variabilidad entre observadores puede limitar la sensibilidad para detectar cambios. Los rangos "normales" para los datos antropométricos permiten la comparación de las mediciones de un paciente individual. Sin embargo, el rango de variabilidad normal significa que un individuo puede presentar un cambio significativo en la composición corporal antes de caer fuera de estos rangos, y en particular, hay una relativa falta de datos de rango de referencia "normal" específicamente para individuos que envejecen (30,31).

El índice de masa corporal (IMC) se usa ampliamente para estimar la grasa corporal, ya que es simple y económico. El porcentaje de grasa corporal para un IMC determinado cambia con la edad, y la tasa de este cambio varía según el sexo, el origen étnico y las diferencias individuales. Pero cabe señalar que este índice no es sensible a la distribución real de la grasa corporal y el riesgo metabólico (30).

La cantidad de grasa y músculo corporal puede ser estimada por diferentes técnicas, y hay distintos métodos para ajustar los resultados según talla o el IMC. Una de estas técnicas es mediante la estimación según el pliegue cutáneo o la medición de perímetro, por ejemplo, la circunferencia braquial (30,32,33).

La cantidad de músculo puede ser reportada como masa muscular esquelética corporal total, masa muscular esquelética apendicular (que corresponde a la suma de la masa magra de las piernas y los brazos), o como el área de sección transversal muscular de grupos musculares específicos o de partes corporales. La resonancia magnética y la tomografía computarizada son consideradas el estándar de oro para la evaluación no invasiva de la cantidad de la masa muscular, sin embargo, estas herramientas no se usan comúnmente en la atención primaria debido al alto costo. Además, los puntos de corte para baja masa muscular no están estandarizados para dichas mediciones (32,34,35).

Aunque la antropometría a veces se usa para reflejar estado nutricional en adultos mayores, no es una buena medida de la masa muscular. Se ha demostrado que la circunferencia de la pantorrilla predice el rendimiento y la supervivencia en las personas mayores (punto de corte menor a 31cm). Como tal, las medidas de circunferencia de la

pantorrilla se pueden usar como sustituto para adultos mayores en entornos donde no hay otros métodos de diagnóstico de masa muscular disponibles (34).

El modelo aplicado con mayor frecuencia para evaluar la composición corporal en la práctica clínica y la epidemiología divide el cuerpo en masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG), es decir, el modelo bicompartimental. Este modelo es la base de varios métodos de análisis de la composición corporal, pero tiene limitaciones importantes. La MG indica el componente del cuerpo libre de agua, y el resto corresponde a la MLG, que es un compartimento muy heterogéneo, el cual incluye proteínas corporales, agua corporal total y el componente óseo, además del tejido adiposo intersticial y los órganos internos. Bajo condiciones fisiológicas, los componentes de la MLG están representados en proporciones constantes, así el contenido mineral óseo representa aproximadamente un 7%, el agua extracelular un 29%, el agua intracelular un 44% y la proteína visceral un 20%. Así mismo, se supone que el agua corporal total comprende el 73% de la MLG, lo que puede no ser cierto en los adultos mayores o en enfermedades que afectan la hidratación, la nutrición o el componente óseo (31,36,37).

Los métodos más precisos para medir la MG y la MLG según el modelo de dos compartimentos son la densitometría (pesaje bajo el agua), la hidrometría (dilución de deuterio), la eco-resonancia magnética y el conteo de potasio corporal total. Sin embargo, estos métodos se caracterizan por tener protocolos de medición complejos y requieren experiencia especializada y equipos costosos, lo que hace que su aplicación en entornos clínicos sea limitada (36).

Se pueden derivar modelos más complejos, a menudo mediante la combinación de técnicas de análisis, en las que es posible medir un mayor número de compartimentos. La masa celular corporal es un compartimento fisiológica y químicamente más homogéneo que la MLG. Contiene componentes involucrados en la transferencia de energía y el trabajo químico y es un marcador más específico de nutrición y desgaste que la MLG. El agua corporal total se puede dividir en agua extracelular que refleja la hidratación, y agua intracelular, que refleja la masa celular corporal y, por lo tanto, la nutrición (31).

La absorciometría de rayos X de energía dual (Dual energy x ray absorptiometry o DXA por sus siglas en inglés), es un instrumento ampliamente disponible para determinar la cantidad de músculo (masa corporal total de tejido magro o masa muscular esquelética apendicular) de forma no invasiva, y actualmente es utilizado por médicos e investigadores. Al cuantificar la masa muscular, el valor de masa muscular esquelética corporal o masa muscular esquelética apendicular se puede ajustar según la altura (altura al cuadrado), el peso o el IMC. La DXA proporciona estimaciones precisas del mineral óseo, grasa y el tejido blando magro (conocido como el modelo de tres compartimientos). La DXA utiliza rayos equis de emisión baja, para medir la atenuación de los rayos equis que inciden cuando pasan a través de los tejidos (por ejemplo, alta atenuación para el hueso y baja atenuación la grasa). La ventaja de la DXA es que puede dar un valor estimado reproducible de la masa muscular esquelética apendicular en unos minutos, cuando se utiliza el mismo instrumento y puntos de corte. Una desventaja es que no es un instrumento portátil para uso en la comunidad, además que los valores pueden ser influenciados por el estado de hidratación del paciente (34,36).

La técnica de análisis de impedancia bioeléctrica (bioelectrical impedance analyser o BIA, por sus siglas en inglés, también conocido como bioimpedancia) se utiliza para predecir la composición corporal basado en las propiedades de conducción eléctrica del cuerpo e implica medir la impedancia (Z) al flujo de una corriente eléctrica baja ($800\mu\text{A}$), a una frecuencia fija (50kHz). El dispositivo BIA puede ser de una sola frecuencia, cuando funciona a una frecuencia de 50kHz o multifrecuencia, cuando se utiliza una amplia gama de frecuencias. La bioimpedancia es un parámetro complejo, derivado de la relación del vector entre la resistencia (que surge de los fluidos intracelulares y extracelulares) y la reactancia, que está relacionada con la capacitancia de la membrana celular. El principio de BIA es que el tejido magro, que consiste en agua y electrolitos, es un buen conductor eléctrico, mientras que la grasa, que no tiene agua, es un mal conductor. En el modelo de dos componentes, el factor de hidratación del 73 por ciento se utiliza para predecir la masa libre de grasa a partir del peso corporal total, y la masa grasa se obtiene restando la MLG al peso corporal. Las posibles fuentes de error en BIA son las diferencias en la longitud de las extremidades, la actividad física, el estado nutricional, el nivel de hidratación, la química sanguínea, la ovulación y la colocación de los electrodos (30–32,36).

La bioimpedancia se utiliza para estimar el total de la masa muscular esquelética, o la masa muscular esquelética apendicular. El equipo de BIA no mide la masa muscular directamente, en su lugar deriva un estimado de la masa muscular basado en la conductividad eléctrica de todo el cuerpo. La bioimpedancia usa una ecuación de conversión, que es calibrada con una medición de DXA de masa magra en una población específica. Este equipo es accesible, ampliamente disponible y portátil, en especial los de

una frecuencia. Puede proporcionar estimaciones rápidas, fáciles y relativamente baratas de la masa libre de grasa y el agua corporal total en poblaciones sanas y en individuos obesos. Tiene una alta precisión de medición, por lo que puede desempeñar un papel en la monitorización longitudinal del cambio de composición corporal. Por estas características, podría preferirse sobre la DXA, sin embargo, son necesarios más estudios para validar las ecuaciones predictivas para las poblaciones específicas (30,31,34).

Se han comparado los resultados de la BIA con los de resonancia magnética, y se documentó que la BIA subestima la grasa corporal total por aproximadamente 5kg en promedio. La bioimpedancia considera cinco compartimentos cilíndricos de masa magra, el tronco y las cuatro extremidades. Se supone que la impedancia es proporcional a la altura e inversamente proporcional al área transversal de cada compartimento. El modelo de distribución uniforme de grasa y agua se adapta mejor a las extremidades que al tronco (32)

La bioimpedancia de una frecuencia, generalmente a 50kHz, pasa entre los electrodos de superficie colocados en la mano y pie, algunos dispositivos BIA usan otras ubicaciones de electrodos, como de pie a pie o de mano a mano. En la bioimpedancia multifrecuencia, se utilizan más de dos frecuencias, que pueden ir desde 1kHz hasta 500kHz, y permite la medición del ACT, la MLG, MG y los compartimientos de agua intracelular y agua extracelular. A bajas frecuencias (1-5kHz), la corriente eléctrica no penetra la membrana celular, por lo que se asume que la corriente atraviesa a través el fluido extracelular. Con altas frecuencias (mayores a 50kHz) la corriente atraviesa la membrana celular, por lo que está asociado tanto con el compartimento de fluido

intracelular como el extracelular. Frecuencias mayores 100kHz no mejoran la exactitud de la estimación de la composición corporal (36).

Muchas ecuaciones predictivas de BIA contemplan la edad, esto está relacionado con el cambio en la calidad del músculo y sus propiedades conductoras, al aumento de grasa y al cambio en la geometría del cuerpo (por ejemplo, el desgaste relativo del músculo esquelético de las extremidades). El análisis de la resistencia y la reactancia, componentes de la impedancia, a una frecuencia única proporciona información sobre los componentes de agua extracelular e intracelular, del agua corporal total. Las técnicas de BIA de frecuencia múltiple utilizan la menor penetración del espacio de agua intracelular por las corrientes de baja frecuencia para estimar el agua intracelular y extracelular por separado realizando mediciones a diferentes frecuencias. Es esencial que las mediciones de la BIA se realicen de manera cuidadosa y estandarizada, idealmente a la misma hora del día para mediciones secuenciales (31,36).

Los puntos de corte para baja muscular utilizados por el reciente consenso europeo de trabajo para el estudio de sarcopenia consideran baja masa muscular si la persona tiene menos de 20kg de masa muscular esquelética apendicular para los hombre y menos de 15kg para mujeres, o ajustado por talla (conocido como índice de musculo esquelético, IME), menos de $7,0\text{kg/m}^2$ para hombres y menos de $5,5\text{kg/m}^2$ para mujeres (34).

Las clasificaciones de la obesidad en el entorno clínico a menudo se basan en el índice de masa corporal, y estas son insuficientes. Por lo tanto, una evaluación más adecuada del sobrepeso y la obesidad, especialmente en personas mayores, es evaluar el

porcentaje de grasa corporal utilizando la DXA o la BIA. Sin embargo, todavía no hay consenso sobre qué nivel de grasa corporal define la obesidad en personas adultas mayores. Recientemente, algunos investigadores y profesionales del acondicionamiento físico utilizaron grasa corporal del 32% como límite para el sobrepeso y la obesidad en las mujeres. En otros estudios, el 35% de grasa corporal como valor límite se usó para la clasificación de la obesidad. Haciendo conciencia de que la grasa corporal causa problemas en muchos niveles, varios investigadores recomiendan un corte más bajo para la obesidad para las mujeres, específicamente, del 32 al 35% de la grasa corporal, que el propuesto actualmente por la OMS (40%) (38).

2.2.2. Cambios en la composición corporal asociados al envejecimiento.

El índice de masa corporal (IMC) es un índice utilizado para clasificar el bajo peso, el sobre peso y la obesidad en los adultos, y se define como el peso en kilogramos dividido entre el cuadrado de la talla en metros. La OMS clasifica el IMC en categorías que buscan representar distintos niveles de riesgo en la salud. Las categorías: bajo peso ($IMC < 18,50 \text{ kg/m}^2$), sobrepeso ($IMC \geq 25,00 \text{ kg/m}^2$ y menor a $30,00 \text{ kg/m}^2$) y obesidad ($IMC \geq 30,00 \text{ kg/m}^2$) se consideran factores de riesgo para problemas de salud y muerte prematura. El IMC normal se encuentra entre $18,50 \text{ kg/m}^2$ y $24,99 \text{ kg/m}^2$ (39,40).

En varios estudios se ha documentado que en la población adulta mayor el valor pronóstico del IMC es distinto al resto de los adultos, observándose un patrón en forma de U entre el IMC y el riesgo de morbimortalidad. Se ha asociado un mejor estado de salud cuando el adulto mayor tiene un IMC entre 25 y 28 kg/m^2 , estas diferencias podrían estar relacionadas con los cambios en la composición corporal que se presentan en el

envejecimiento. Por esta razón se han propuestos cortes diferentes para esta población: obesidad con $IMC \geq 30 \text{kg/m}^2$, sobrepeso entre 27 y $29,9 \text{kg/m}^2$, peso normal entre 22 y $26,9 \text{kg/m}^2$, peso insuficiente entre 18,5 y $21,9 \text{kg/m}^2$ y desnutrición con valores de IMC inferiores a $18,5 \text{kg/m}^2$ (41).

Se ha reportado en varios estudios que el valor de la talla de las personas, tanto en hombres como mujeres, disminuye de forma lineal con el envejecimiento. En cuanto al peso, este tiende a aumentar y luego a disminuir, principalmente después de los 60 años. En algunos estudios se reporta que la circunferencia de cintura y la relación cintura cadera tiende a aumentar y luego se estabiliza o disminuye ligeramente, sin embargo, también se reporta que aumenta de forma continua con la edad. El IMC tiende a estabilizarse o disminuir de forma mínima en las personas adultas mayores, en el caso de las mujeres hay algunos reportes en ciertas poblaciones, donde continúa aumentando (42).

Existen estudios del análisis de la variación en la masa corporal a lo largo de la vida. Se ha encontrado que esta aumenta a como incrementa la edad, y posteriormente disminuye o permanece estable con el envejecimiento. A pesar de que la edad en la que comienza a disminuir la masa corporal puede variar entre estudios, no se ha documentado que dicho descenso sea de gran magnitud, y esa reducción no supera el 0,4% de la masa corporal por año. Aunque la variación de la masa corporal en personas mayores no es de gran magnitud, existe una serie de cambios en los diferentes componentes de la composición corporal, esto podría encubrir varias patologías, incluso en aquellos casos en los que no se produce un aumento o disminución de peso importante (43).

El proceso de envejecimiento trae consigo cambios a nivel de la composición corporal, en general hay una reducción del tejido esquelético (masa corporal magra) y un aumento relativo en el tejido adiposo (porcentaje de masa grasa corporal), particularmente en la región abdominal (frecuentemente denominada obesidad central), a menudo sin representar cambios a nivel del peso corporal y del IMC, Estos cambios son factores de riesgo clave para deterioro funcional en el adulto mayor, además de discapacidad, morbilidad y mortalidad temprana. Los estudios han demostrado que la masa corporal magra relativa está inversamente asociada con el deterioro funcional y que la obesidad central predice la mortalidad temprana mucho mejor que el índice de masa corporal. Grandes cantidades de tejido graso visceral están relacionadas con aumento del riesgo cardiovascular, diabetes tipo 2, enfermedad hepática y cáncer (31,32,42,44).

Se ha identificado que el aumento del porcentaje de masa grasa se debe principalmente a la disminución en la masa magra y el mayor porcentaje de masa grasa a nivel abdominal corresponde a mayor depósito de masa grasa en la región abdominal. Se estima que hay un aumento gradual del porcentaje de grasa corporal desde los 20 hasta los 70 años, con una diferencia de 10% entre mujeres y hombres (3,44).

El aumento de la masa grasa en el envejecimiento está asociado a la reducción en la masa magra, el contenido mineral óseo y la densidad mineral ósea. Propiamente en la masa grasa absoluta no se han identificado diferencias significativas (38).

El porcentaje de grasa en el adulto joven es alrededor de 10 a 15% en los hombres y de 20 a 25% en mujeres, pero existe una alta variabilidad entre individuos. En el adulto mayor hombre este puede aumentar hasta un 25 a 30%. La distribución de la grasa

también cambia, se localiza principalmente en la región abdominal y disminuye la grasa subcutánea y la localizada en las extremidades (33,37).

Con el envejecimiento hay una disminución del 5 al 25% en la tasa metabólica basal (en reposo), lo que hace que pueda aumentar el peso corporal y la grasa corporal, incluso manteniendo la misma ingesta dietética y los mismos hábitos de ejercicio. Por ejemplo, para la mayoría de los individuos, la grasa corporal comienza a aumentar gradualmente entre los 20 y los 25 años de edad, hasta aproximadamente los 65 años. Aún más importante es la redistribución de la grasa en el área abdominal y los órganos viscerales, así como su infiltración en el músculo y el hueso. La infiltración de la grasa en la médula ósea no está necesariamente relacionada solo con el envejecimiento, sino que se produce en una etapa temprana de la vida, así como en la anorexia y durante la inanición (37,38).

No está definido si con el envejecimiento el nivel de hidratación de la masa libre de grasa se mantiene estable, algunos estudios sugieren que podría aumentar levemente, esto ha sido difícil de determinar, ya que en los análisis no se puede separar los cambios asociados a la edad, de estados de enfermedad o de malnutrición. A pesar de esto, si se tiene claro que el agua corporal total sí tiene una gran variabilidad con el envejecimiento, no solo entre individuos, sino también en el mismo individuo (37).

En el adulto joven, el agua corporal total representa un 70% del peso corporal, en los adultos mayores esta proporción disminuye entre un 10 a un 15%, principalmente a expensas del compartimento del agua intracelular (debido a la pérdida de masa muscular) (33).

La masa muscular, componente principal de la MLG, comienza a descender progresivamente con un aceleramiento de la pérdida después de los 60, siendo esta pérdida más pronunciada en hombres que en mujeres. Inicialmente se estimaba que el ritmo de pérdida se encontraba entre un 0,5 y un 2% por año a partir de los 50, atribuyendo la reducción principalmente al descenso del número de fibras musculares, tanto tipo I como tipo II. Datos posteriores documentaron que la pérdida de masa muscular relativa es más temprana, ya que a los 30 años la masa muscular alcanza su punto máximo y luego disminuye gradualmente, sin embargo, la masa muscular absoluta no comienza a descender hasta la quinta década de vida; siendo además mayor en las extremidades inferiores que en las superiores y más prominente en hombres que en mujeres (37,38,42,43).

Algunos autores estiman que el músculo esquelético disminuye de un 45% del peso corporal total a los 20 años hasta un 27% a los 70 años. En términos absolutos, se ha calculado que de los 50 a los 89 años, hay una pérdida promedio de 4kg de masa libre de grasa, de preferencia masa muscular de los miembros inferiores. En general se ha establecido que podría haber una disminución de un 20 a un 40% de la masa muscular a la edad de 70 años, lo que podría llevar a sarcopenia. Sin embargo, es importante distinguir entre sarcopenia y dinapenia, siendo esta última la pérdida de fuerza muscular y no necesariamente siempre acompañada proporcionalmente por la pérdida de masa muscular. El aumento de la prevalencia de obesidad en los ancianos acompañado de sarcopenia (obesidad sarcopénica) actúa simultáneamente para aumentar la discapacidad, la morbilidad y la mortalidad. La medición precisa de la masa muscular y la fuerza es

importante para identificar a las personas en riesgo y planificar las intervenciones apropiadas (3,30,33,38).

Aunque la pérdida de masa muscular está asociada con la disminución de la fuerza en los adultos mayores, esta disminución de la fuerza es mucho más rápida que la pérdida concomitante de la masa muscular, lo que sugiere una disminución en la calidad muscular. Además, mantener o ganar masa muscular no previene disminuciones en la fuerza muscular asociadas con el envejecimiento (45).

La disminución del tejido óseo es más pronunciada en las mujeres que en los hombres. El desarrollo de osteopenia-osteoporosis probablemente sea el cambio del envejecimiento más estudiado a nivel de los tejidos corporales. La densidad mineral ósea disminuye con la edad a partir de los 50 años (38).

Es evidente que los tres tejidos, muscular, graso y óseo, están estrechamente relacionados entre sí y que la osteopenia-osteoporosis, la sarcopenia y el aumento de la adiposidad con el envejecimiento deben evaluarse de forma concomitante. Si bien se hacen algunos intentos en esa dirección, en la mayoría de los casos el tejido graso aún se mantiene fuera del cuadro y no se evalúa en el alcance de su interacción con los dos primeros, posiblemente debido a las dificultades para medir la grasa infiltrada en el hueso y el músculo, así como de la falta de consenso respecto a la clasificación de obesidad (38).

2.3. Fuerza Muscular

2.3.1. Fisiología de la fuerza muscular.

El cuerpo consiste en más de 500 músculos esqueléticos, los cuales están controlados por el sistema nervioso. Los músculos esqueléticos consisten en fibras musculares, cada una de estas contienen sarcómeros, que son las unidades funcionales más pequeñas que contienen los músculos. Mediante una serie de eventos complejos, los sarcómeros son responsables de la contracción y relajación del músculo. Esto le permite al cuerpo desempeñar una serie de diferentes movimientos, que van desde movimientos fuertes y rápidos hasta movimientos pequeños y finos. Al ser los músculos esqueléticos los responsables de los movimientos voluntarios, lógicamente estos son esenciales para un desempeño funcional óptimo (18).

La unidad motora es la unidad básica funcional en el sistema neuromuscular que permite la producción de fuerza y movimiento, y consiste en la motoneurona y la fibra muscular que su axón inerva. La fuerza producida durante la contracción máxima por el músculo esquelético es controlada por una cantidad variable de unidades motoras reclutadas y una frecuencia de descargas de potencial de acción que inerva cada unidad motora activa (46,47).

Los músculos individuales comprenden una población de unidades motoras que controlan la fuerza ejercida por el músculo durante una contracción. Las motoneurnas se localizan relativamente cercanas al asta ventral de la médula espinal o al tronco encefálico. El número de unidades motoras que inervan un músculo es muy variable, puede ir de algunas decenas hasta varios cientos. El número de fibras musculares que inerva una misma motoneurona también es muy variable, también puede ir desde un par de fibras hasta más de mil (47).

La fuerza muscular es la cantidad de fuerza que produce un músculo. Es considerada un determinante importante del desempeño funcional, de las actividades de vida diaria y del rendimiento deportivo (48,49).

2.3.2. Evaluación de la de fuerza muscular.

El estándar de oro para medir la fuerza muscular es el uso de dinamómetros que permiten determinar la fuerza isométrica, isotónica, pliométrica, isoinercial, dinámica e isocinética, así como la potencia muscular. Sin embargo, el uso de estos dispositivos grandes es costoso, inaccesible e incómodo, y las personas de edad avanzada pueden tener problemas para colaborar, por lo que se recomienda el uso de dispositivos hidráulicos o electrónicos portátiles para tomar estas mediciones (50).

La determinación de la fuerza de agarre mediante los dinamómetros de mano no son el estándar de oro para la determinación de la fuerza muscular, y solo permiten medir la fuerza isométrica, sin poder determinar la fuerza isocinética o la potencia muscular (que mide tanto la fuerza como la velocidad de la generación de fuerza), que han demostrado ser los mejores indicadores de funcionalidad en los ancianos. Sin embargo, tienen la gran ventaja de ser fáciles de usar, y en grandes estudios longitudinales en ancianos, han demostrado su validez como predictores de eventos adversos (17,50).

La medición de la fuerza de agarre es simple y barata. Una baja fuerza de agarre es un fuerte predictor de resultados negativos como hospitalizaciones largas, más limitación funcional, más riesgo de caídas, menores capacidades cognitivas, pobre calidad de vida, mayor tiempo de hospitalización y muerte. Estudios recientes han demostrado que mayor fuerza de agarre está asociada con menor mortalidad de todas las

causas, incluso algunos estudios la utilizan para estratificar el riesgo individual de muerte cardiovascular. Se ha comprobado su valor como tamizaje de fragilidad en pacientes con malignidades hematológicas, y también tiene valor predictivo de mortalidad a 12 meses en los pacientes que se les realizó implante de válvula aórtica transcatóter (34,51–53).

La medición precisa de la fuerza de agarre requiere de un dinamómetro de mano calibrado bajo condiciones de prueba bien definidas con datos interpretados de poblaciones de referencia apropiados. La fuerza de agarre se correlaciona moderadamente con la fuerza en otros compartimentos del cuerpo, por lo que sirve como un sustituto confiable para medidas más complicadas de la fuerza de los brazos y las piernas. Debido a su facilidad de uso, se recomienda la fuerza de agarre para el uso de rutina en la práctica hospitalaria, en entornos clínicos especializados y en la atención médica comunitaria. El dinamómetro JAMAR está validado y se usa ampliamente para medir la fuerza de agarre, incluso se utiliza para evaluar otros dinamómetros (fue el empleado por Linda Fried para describir la pérdida de fuerza en el fenotipo de fragilidad), aunque hay estudios que están explorando el uso de otras marcas (se ha documentado una excelente fiabilidad entre instrumentos de la marca JAMAR, Dexter y Baseline, y se pueden usar de forma intercambiable) (34,50–52).

Existen diferentes posiciones en las que se puede realizar la dinamometría, sin embargo, hay diferentes estudios que documentan que podría haber resultados discordantes entre dichas posiciones. La Sociedad Americana de Terapistas de Mano recomienda una posición estandarizada para la realización de la dinamometría: el sujeto debe estar sentado, con hombros aducidos y rotados neutralmente, codo flexionado a 90°,

antebrazo neutral y muñeca entre 0 y 30° de dorsiflexión. Durante mediciones consecutivas, la fuerza disminuye gradualmente, sin embargo, no se ha documentado que exista diferencia significativa según el intervalo que se utilice entre mediciones. Según el protocolo que usado, el valor de la dinamometría se puede obtener como un promedio de tres repeticiones, el mayor valor de tres repeticiones, o incluso podría realizarse solo una medición y utilizar ese valor (52).

En varios países se han reportado diferentes valores para la fuerza de agarre en el adulto mayor (en Italia, Finlandia, China, Estados Unidos), lo que sugiere que según la etnia pueden existir puntos de corte distintos para definir debilidad. Esto es muy importante de reconocer, por las implicaciones clínicas que se han documentado de la disminución de fuerza muscular (51).

La diferencia en la fuerza de agarre entre diferentes países puede estar asociada a factores genéticos, ambientales o biológicos. Están asociados factores antropométricos y masa muscular esquelética, influenciada por la ingesta dietética de proteína. Se debe considerar también el equipo con que se mide la fuerza de agarre, y el protocolo para su medición. Otros factores que influyen en la dinamometría de la fuerza de agarre son la utilización de la mano dominante, el sexo y la edad, además la estatura, el peso y la posición de la mano al efectuar la medición. Mayor IMC se asocia a mayor dinamometría a cualquier edad, el ser mujer y tener un IMC menor o igual a 23,5Kg/m² son factores para tener menor fuerza de agarre (51,54).

Un estudio colombiano documentó los puntos de corte para debilidad según grupos de edad y sexo, para personas de 60 a 64 años, el punto de corte en hombres es de

17,4kg y en mujeres es de 10,1kg. A como el grupo de edad aumenta, el punto de corte disminuye, por ejemplo, en personas de 65 a 69 años, el punto de corte en hombres es de 15,7kg y en mujeres es de 8,9kg. En este mismo estudio se documentó que el adulto mayor con fuerza de agarre mayor que el punto de corte para debilidad, asocia menos problemas cognitivos, de locomoción, y psicológicos tanto en hombres como en mujeres, además de menos probabilidad de hospitalización en hombres. En Chile también se ha estudiado el punto de corte de fuerza muscular disminuida, y para la fuerza de agarre se considera menor a 15kg en mujeres y menor a 27kg en hombres (35,51).

En el estudio FRADEA, en España, se documentó que, para adultos mayores de 70 años de la comunidad, el valor promedio de dinamometría fue de 23,1kg. En mujeres el valor promedio documentado fue de 17,4kg y en hombre 31,7kg (24).

En el consenso europeo de trabajo para el estudio de sarcopenia del 2018, se define como una dinamometría baja una dinamometría menor a 16kg para las mujeres y menor a 27kg para hombres (34).

Otra forma de valorar la fuerza muscular en la práctica clínica es mediante el test de levantarse de la silla. Este puede utilizarse como indicador de la fuerza muscular de las piernas (grupo muscular de los cuádriceps). Esta prueba mide la cantidad de tiempo necesaria para que la persona se levante cinco veces de la silla desde la posición sentada, sin usar sus brazos. Existe una variante, en la que se mide cuantas veces se puede levantar de la silla durante 30 segundos (34).

2.3.3. Impacto del envejecimiento en la fuerza muscular.

En el envejecimiento hay cambios en el funcionamiento y desempeño motor, por los cambios que se presentan en el tamaño, propiedades y morfología de la unidad motora, así como las alteraciones en las aferencias del sistema nervioso. Sin embargo, estos cambios no afectan de forma uniforme a todos los adultos mayores, y la variabilidad entre individuos e inter individuo es mayor que la vista en adultos jóvenes (46).

El envejecimiento es acompañado por una pérdida de unidades motoras, cambios en la morfología y propiedades de las unidades motoras existentes y alteración de las aferencias desde los centros periféricos, espinales y supraespinales. Lo que quiere decir es que el decline en la función muscular del adulto mayor no está asociado solamente a la función de la masa muscular, sino también a una alteración en los factores neurales (3,46).

Después de los 40 años, y durante el envejecimiento, hay una pérdida gradual de masa muscular y fuerza, así como una pérdida la calidad muscular. Los estudios transversales han detectado una pérdida de fuerza muscular del 15 al 50% entre los 20 y 80 años, y hay una disminución anual de entre 1.5 y 3.5% en la fuerza de diferentes grupos musculares en personas mayores de 60 años. Estas cifras son aún más altas en personas mayores sedentarias y casi el doble en hombres que en mujeres (50,54).

Se ha documentado en la población de adultos mayores que los hombres tienen mayor fuerza que las mujeres, aproximadamente el doble, y que esta fuerza disminuye con la edad, principalmente en hombres. La fuerza muscular disminuye gradualmente en los hombres a lo largo del envejecimiento, pero en las mujeres sufre una fuerte

disminución durante la menopausia. Las mujeres de edad avanzada son entre 47 y 59% más débiles que los hombres. Una de las formas de valorar la fuerza muscular utilizadas más frecuentemente es la fuerza de agarre, y estudios longitudinales han confirmado que esta medición disminuye con el envejecimiento (50,52).

La disminución en la masa y fuerza muscular han sido asociadas a múltiples efectos adversos, entre estos la reducción de la actividad física y en el gasto total de energía, incapacidad de realizar actividades de la vida diaria que conlleva a pérdida de independencia, caídas, hospitalización, pobre calidad de vida, muerte de todas las causas y aumento en gastos de atención de la salud. También impacta de forma negativa el desempeño funcional y la movilidad. La medición precisa de la masa muscular y la fuerza es completamente necesaria en los estudios de envejecimiento (50,53,54).

Se han determinado múltiples factores que influyen en la fuerza muscular de los adultos mayores, el sexo es el más importante, siendo mayor la fuerza en hombres que en mujeres. Entre los factores que afectan de forma negativa están los estados inflamatorios, infartos miocárdicos previos, diabetes, anorexia y el uso de antidepresivos. En cuanto al uso de estatinas hay estudios que lo asocian con un efecto negativo en la fuerza muscular, pero otros documentaron un efecto positivo, que se sospecha es secundario al impacto positivo a nivel cardiovascular. Otros factores asociados son la actividad física, genética, estado nutricional y estado hormonal, ya que pueden modificar la unidad motora y el desempeño motor entre personas (46,53).

La pérdida de fuerza es uno de los cinco criterios que caracterizan el fenotipo de fragilidad descrito por Linda Fried. La pérdida de fuerza es el criterio de fragilidad que

aparece de primero con mayor frecuencia, por lo que su detección temprana puede ser importante para identificar a los sujetos en riesgo de tener dicho síndrome. Aunque la sarcopenia se ha identificado como un elemento clave en la patogénesis de la fragilidad, la baja fuerza más que el tamaño muscular, son los elementos que están asociados con eventos adversos. Se ha identificado que la fuerza disminuye más rápidamente que la masa muscular en sujetos de edad avanzada, y aunque la pérdida de masa muscular se asoció con la pérdida de fuerza, el mantenimiento o la ganancia de masa muscular no se asoció con el mantenimiento o el aumento de la fuerza (50).

Cuando se habla del cambio de la fuerza muscular con el envejecimiento, se debe revisar también el concepto de sarcopenia. En los últimos años muchos grupos de expertos de todo el mundo han publicado definiciones complementarias de sarcopenia, y los investigadores han logrado avances notables en la comprensión del músculo y su papel en la salud y la enfermedad. La sarcopenia ahora se reconoce formalmente como una enfermedad muscular, es una enfermedad progresiva y generalizada del músculo esquelético, asociada a diversos efectos adversos. La nueva definición de sarcopenia prioriza la detección de la fuerza muscular, ya que predice mejor los resultados adversos que la masa muscular. La detección del desempeño funcional también predice resultados adversos, por lo que se utiliza para valorar la severidad de la sarcopenia, sin embargo, no forma parte propiamente de la definición. Entonces en la definición, el primer parámetro utilizado es la baja fuerza muscular, cuando esta se detecta es probable que la persona tenga sarcopenia, el diagnóstico se confirma con la presencia de baja cantidad o calidad de músculo, y cuando además tiene bajo desempeño funcional, la sarcopenia se considera severa (34).

En la práctica clínica, el proceso diagnóstico inicia cuando el paciente reporta síntomas o existen signos de sarcopenia (por ejemplo, caídas, sensación de debilidad, baja velocidad de marcha, dificultad para levantarse de una silla o pérdida de peso), en esos pacientes es que se recomienda buscar dicha condición (34).

La sarcopenia aumenta el riesgo de caídas y fracturas, deteriora la capacidad de realizar actividades de la vida diaria, se asocia con enfermedad cardíaca, enfermedad respiratoria y deterioro cognitivo; conduce a trastornos de movilidad; y contribuye a la disminución de la calidad de vida, la pérdida de independencia o la necesidad de reubicación en un centro asistencial a largo plazo y la muerte (34,46).

La sarcopenia normalmente es asociada al envejecimiento y a las personas adultas mayores, sin embargo, ya se ha reconocido que comienza desde etapas más tempranas de la vida. Se ha reconocido además una gran variabilidad de este fenómeno entre individuos de la misma edad, debido a factores genéticos, nutricionales, hormonales, inflamatorios y neurológicos, cantidad de ejercicio, enfermedades y estilo de vida (34,50).

2.4. Ejercicio físico en el adulto mayor

2.4.1. Efecto del ejercicio en la fuerza y el desempeño funcional.

El desempeño funcional es predictor de sobrevida en los adultos mayores. Múltiples estudios controlados aleatorizados han probado la efectividad del ejercicio físico y la nutrición como intervenciones en pacientes con pobre desempeño funcional (29).

En los adultos mayores, 30 minutos de entrenamiento aeróbico, como caminar, correr o andar en bicicleta tres veces por semana, tiene efectos significativos en la resistencia cardiopulmonar después de 4 a 5 meses (55).

En individuos sedentarios, la sensibilidad del músculo esquelético a estímulos anabólicos como la actividad física o la ingesta de proteínas, podría estar reducida (18).

La actividad física ha demostrado que mantiene la fuerza muscular y la masa muscular en adultos mayores de 65 a 85 años. Se ha documentado una reducción del 50% en el riesgo de desarrollar limitación funcional o discapacidad en las personas que realizan actividad física de moderada intensidad, y en adultos mayores de mayor edad (70 a 75 años), el estado funcional podría preservarse incluso con menor cantidad de actividad física (13).

El entrenamiento físico mejora la capacidad funcional, permitiéndole a los individuos mantener su independencia durante el envejecimiento, a pesar de que no siempre se documente un cambio en la masa libre de grasa, como si se ve en los adultos jóvenes (3).

Múltiples estudios han demostrado que el entrenamiento de fuerza tiene efectos positivos en los adultos mayores, ya que mejora la fuerza y la masa muscular, así como el desempeño funcional. Los estudios con pacientes frágiles y prefrágiles reportan efectos favorables disminuyendo la fragilidad y mejorando el desempeño funcional, en el caso de la fuerza muscular y el aumento en la masa muscular los resultados no tienen tanta evidencia. En algunos estudios se ha documentado que, a edades mayores, el entrenamiento físico tiene poco o nulo efecto en la masa muscular, pero sí tiene los

beneficios en el desempeño funcional y condición física. Un estudio colombiano demostró que un programa de ejercicio físico de resistencia muscular en adultos mayores sarcopénicos genera un aumento en la fuerza muscular de forma significativa (tanto en hombres como en mujeres), al aumentar la dinamometría manual al finalizar el programa, el cual que debe ser de 10 a 12 semanas, con 2 o 3 sesiones por semana (mejores resultados con 3 sesiones semanales), y con intensidad progresiva (3,12,56).

El entrenamiento con ejercicios de fuerza es la intervención más efectiva para generar hipertrofia muscular y mejorar la fuerza muscular y el desempeño funcional. Aunque los ejercicios de fuerza son efectivos para mantener, y en muchos casos mejorar, la masa muscular y la fuerza, los ejercicios aeróbicos también son importantes para mantener un desempeño muscular óptimo (18).

En la revisión de Liu y Lhatam, se documentó que el entrenamiento con ejercicios de fuerza progresivo en los adultos mayores tiene un efecto pequeño pero significativo en la mejora de la función física (actividades complejas), un efecto pequeño a moderado en la disminución de limitaciones funcionales y un gran efecto en el aumento de la fuerza (49).

En el estudio de Chen *et al.* se valoró el efecto de un programa de ejercicios de 12 semanas de intensidad moderada (que incluía ejercicio aeróbico, de resistencia y de balance) en adultos mayores con enfermedad arterial coronaria, y se documentó mejoría en la capacidad aeróbica, movilidad funcional y calidad de vida, esto correlacionaba también con mejoría en el balance, la fuerza de agarre y la salud física. En dicho estudio,

mejoró la caminata de 6 minutos, en promedio pasó de 345,62m a 373,33m, comparable a otros estudios (mejoría de 25m en pacientes con enfermedad arterial coronaria) (5).

La caminata de 6 minutos se ha utilizado ampliamente para evaluar el impacto del ejercicio físico, en pacientes en programas de RC, se ha documentado que hay un mayor aumento de la distancia en paciente con insuficiencia cardiaca con una capacidad física menor (comparado con pacientes que tienen mayor capacidad física). También se documentó un mayor aumento en las mujeres, en comparación con los hombres. Ese aumento tiene repercusión en mayor independencia funcional, en especial una distancia recorrida mayor a 440m (corresponde a una velocidad de marcha de 1,22m/s), capacita al paciente en cruzar calles (28).

No hay un valor establecido mínimo para definir significancia clínica, al finalizar el programa de RC. Algunos definen un aumento de 25 metros para pacientes sin disfunción ventricular (igual que para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica), otros definen 50 metros como el cambio mínimo esperable (donde se asocia con mejoría significativa en la capacidad de la marcha), sin embargo, un aumento menor podría tener significancia en pacientes más desaconicionados (28).

En la revisión sistémica de Bellet *et al.* también se documentó, en pacientes de programas de rehabilitación cardiaca, un aumento en la distancia recorrida en la caminata de 6 minutos (57).

En el meta-análisis de Chou *et al.* se constató que una velocidad menor a 0,6m/s es común en individuos frágiles, asociado también a una fuerza muscular reducida, limitación en la movilidad y en las actividades de vida diaria y a desacondicionamiento.

Evidenció un aumento de 0,07m/s después de los programas de entrenamiento en los adultos mayores frágiles, en comparación con los grupos control, esto siendo similar a lo reportado por otros estudios, como cambio de importancia clínica. En este estudio se encontró asociación de los programas de ejercicio con mejoría en el desempeño en las actividades de vida diaria (8).

En el meta-análisis de Giné-Garriga *et al.* se documenta que los pacientes adultos mayores frágiles sometidos a un plan de ejercicio físico obtienen un mayor incremento en la velocidad de marcha (en promedio 0,06s/m) con significancia estadística y mejora la puntuación en la prueba corta de desempeño físico (1,87 puntos con significancia estadística). No se demostró mejorar las pruebas de balance, pero sí se reportó una mejoría de 2,35 segundos en la prueba de levantarse de la silla 5 veces, efecto estadísticamente significativo. El estudio de Rengo *et al.* valoró el efecto en la prueba corta de desempeño de forma prospectiva en pacientes adultos mayores (promedio de edad de 74 años) de un programa rehabilitación cardiaca, y documentó mejoría en la puntuación al finalizar el programa, principalmente por mejoría en la velocidad de la marcha y en la prueba de levantarse y sentarse cinco veces de la silla (58,59).

Santos *et al.* encontró en un grupo de 23 mujeres adultas mayores sanas y con independencia funcional que completaron un programa de ejercicios de 8 semanas, una mejoría en la velocidad de la marcha (velocidad de la marcha rápida en 10 metros), además de cambios en la fuerza muscular de los miembros inferiores y en la calidad del músculo, sin embargo, sin asociar cambios en la masa grasa ni muscular (19).

Chen *et al.* reportó un aumento en la fuerza de agarre después de 12 semanas de un programa de entrenamiento físico, sin embargo, esa mejoría fue menor que la reportada en otros estudios. La dinamometría manual aumentó de 10,95kg a 14,14kg en promedio al completar el programa, lo cual tuvo correlación con la capacidad aeróbica de los pacientes, además de que ya se considera una medida válida para estimar el estado funcional de los adultos mayores (5).

En el estudio de Mroszczyk-McDonald *et al.* en pacientes de un programa de rehabilitación cardíaca se documentó que la fuerza muscular medida por la fuerza de agarre fue significativamente mayor en hombres que en mujeres, y que ambos disminuyen con la edad desde los 30 hasta los 80 años, y que factores como la talla, el consumo máximo de oxígeno y el sexo se correlacionan con la fuerza de agarre de forma significativa. Además, los pacientes de programas de rehabilitación cardíaca (pacientes con enfermedad arterial coronaria) tienen una fuerza de agarre menor que la población sana (en promedio de 4 a 5% menor), y su mejoría tras el programa de ejercicios se correlaciona con una mayor capacidad funcional (60).

2.4.2. Efecto del ejercicio en la composición corporal.

El envejecimiento se acompaña de una menor función física, y de cambios en la composición corporal, como la osteoporosis y el aumento de la masa grasa. El ejercicio puede enlentecer estos procesos e incluso revertirlos. De hecho, el ejercicio es uno de los medios más efectivos para atenuar las características del envejecimiento y de muchas enfermedades crónicas, además de que puede reducir la sarcopenia y la dinapenia (55).

Hay evidencia de la relación entre el entrenamiento con ejercicios de resistencia y la hipertrofia muscular, que se mantiene en los adultos mayores, sin embargo, comparado con los adultos jóvenes, la tasa de síntesis proteica está disminuida (61).

El peso corporal y el IMC pueden reducirse significativamente después del entrenamiento aeróbico en adultos mayores. También se ha demostrado que el entrenamiento de resistencia aumenta la masa muscular y la fuerza muscular después de 2 a 3 meses en dicha población. También se ha documentado que el entrenamiento de resistencia a intensidad más alta o intensidad media combinada mejoró la fuerza muscular más que el entrenamiento de resistencia a baja intensidad (55).

Con respecto al efecto del ejercicio sobre la composición corporal, la mayoría de los estudios revelaron un aumento significativo en la masa muscular magra. Sin embargo, se ha documentado que el ejercicio aeróbico no previene la pérdida de masa libre de grasa asociada al envejecimiento, a diferencia del ejercicio de resistencia. El ejercicio de resistencia puede aumentar 1kg de masa libre de grasa en los adultos mayores, que es un aumento modesto si se equipara a los 4kg que se pierden propiamente por el envejecimiento (3,55).

Un meta análisis de 49 estudios aleatorizados demostró que las personas adultas mayores ganan 1,1kg de masa corporal magra después de un promedio de 20,5 semanas de entrenamiento con ejercicios de resistencia (18).

En un ensayo controlado aleatorizado realizado en adultos mayores, donde se comparó un plan de ejercicios aeróbicos con uno de fuerza durante 8 meses, y con un grupo control, documentó que el porcentaje de grasa corporal disminuye de forma

significativa en ambos grupos que realizaron ejercicios, comparado al grupo control. No se documentó diferencia significativa en la masa magra absoluta, pero sí en la relativa (porcentaje de masa magra del peso corporal total). El grupo de ejercicios de resistencia perdió más peso, redujo más el IMC y aumentó más la masa magra relativa, comparado con el grupo control (62).

En la revisión sistemática de Liberman *et al.* se documentó que en adultos mayores la masa grasa corporal disminuye significativamente después del ejercicio. Los mayores efectos se observaron después del entrenamiento combinado (entrenamiento aeróbico y de resistencia muscular), con un aumento significativo de la masa muscular (55).

2.4.3. Programas de Rehabilitación Cardíaca en los adultos mayores.

La enfermedad coronaria es la principal causa de morbilidad por enfermedad cardiovascular y las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad y discapacidad en los países desarrollados. Actualmente, la supervivencia después de un infarto agudo del miocardio es relativamente alta. El principal determinante de la supervivencia es el acceso rápido a la asistencia médica y a las diferentes intervenciones que se ofrecen (63,64).

Una de estas intervenciones es la rehabilitación cardíaca. La Organización Mundial de la Salud define la rehabilitación cardíaca (RC) como la suma de las actividades necesarias para influir favorablemente en la causa subyacente de la enfermedad, de modo que los pacientes puedan preservar, o incluso recuperar su lugar en la sociedad. Es una intervención compleja y con enfoque multidisciplinaria que se ofrece

a los pacientes con enfermedad cardíaca, que busca estabilizar, retrasar o promover la regresión de la enfermedad cardiovascular, y que incluye componentes de educación para la salud, asesoramiento sobre reducción del riesgo cardiovascular, actividad física y manejo del estrés (6,64,65).

Estudios previos han demostrado que los programas de prevención secundaria y RC son claramente rentables y reducen la tasa de mortalidad cardíaca (26% - 34%), la aparición de eventos cardíacos fatales (46%) y la tasa de mortalidad global (20%) (64,66).

Los programas actuales de RC comprenden el ejercicio físico regular programado, además del control de factores de riesgo cardiovascular, entre estos la modificación de la dieta y el abandono del hábito de fumar. La RC implica una gestión multidisciplinaria. Después de la evaluación funcional del paciente, se buscan al menos cuatro objetivos: educación terapéutica, soporte psicosocial, prevención secundaria de factores de riesgo cardiovascular, y retorno a actividades físicas e independencia (64,66).

La RC es un componente importante en la prevención secundaria después de un infarto agudo de miocardio. La Asociación Americana del Corazón, la Sociedad Europea de Cardiología y el Colegio Americano de Cardiología han establecido la RC como recomendación clase IA en el manejo de los paciente con infarto agudo de miocardio (63,67).

Existen diferentes recomendaciones en cuanto la prescripción del ejercicio en los programas de RC, la Asociación Americana del Corazón y la Asociación de Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar recomienda ejercicio de entrenamiento aeróbico (20 a 60 minutos por sesión, 3 a 5 sesiones por semana), de entrenamiento de

fuerza (1 a 3 sets de 10 a 15 repeticiones de 8 a 10 ejercicios, 2 a 3 veces por semana en días no consecutivos) y de flexibilidad (3 a 5 repeticiones por ejercicio, durante 30 a 90 segundos, 2 a 3 sesiones por semana en días no consecutivos) (68).

El ejercicio de entrenamiento aeróbico en el componente del ejercicio en los programas de RC, mejora la función cardiorrespiratoria y la capacidad funcional, reduce los síntomas asociados a la enfermedad y mejora los factores de riesgo coronario, contribuyendo a la reducción de la mortalidad en los pacientes con antecedente de cardiopatía isquémica. Todas las guías de RC incluyen el ejercicio de entrenamiento aeróbico, pero puede variar la intensidad que se recomienda. Los ejercicios de resistencia muscular también han demostrado beneficio, aumentan la fuerza física y la independencia en actividades de vida diaria. A pesar de que se ha demostrado que la combinación de ejercicios aeróbicos y de resistencia muscular es superior que los ejercicios aeróbicos solos, en promover el aumento de la masa muscular y en la reducción de la masa grasa, el ejercicio aeróbico es la piedra angular en estos programas de ejercicios (68).

Ensayos clínicos aleatorizados, meta análisis y estudios observacionales han demostrado que la RC acelera efectivamente la recuperación funcional y mejora la tolerancia al ejercicio. El entrenamiento físico en un programa de RC idealmente debería producir mejoras considerables en el rendimiento cardiocirculatorio y del músculo esquelético, sin riesgo de eventos adversos, y el aspecto de la seguridad es particularmente relevante en adultos mayores frágiles (69).

En pacientes con enfermedad coronaria, los que asisten a programas de RC tienen efectos beneficiosos comparados con los que no asisten a estos. Se ha documentado que

mejoran tanto la tasa de supervivencia, como los factores de riesgo asociados a la enfermedad arterial coronaria. También se sugieren beneficios en los pacientes con insuficiencia cardíaca (70).

La población adulta mayor representa un desafío especial para los programas de RC, en parte porque estos pacientes frecuentemente tienen otras comorbilidades que reducen su capacidad para hacer ejercicio y dependen de otras personas para recibir transporte al hospital. Además, es menos probable que los ancianos sean remitidos a programas de RC y generalmente se les excluye de los ensayos clínicos, aunque la mayoría de los pacientes con cardiopatía isquémica tienen más de 65 años. Sin embargo, los ancianos parecen beneficiarse de los programas de RC tanto como los jóvenes (7).

Muchos estudios han documentado que en los programas de RC participan más pacientes jóvenes que mayores, el grupo más importante corresponde a pacientes de 50 a 65 años, con una importante disminución en la participación después de los 70 años, y todavía después de los 80 años. Uno de esos estudios documentó que tenían mayor adherencia los pacientes mayores de 65 años, comparado con los menores (63).

El estudio de Parashar *et al.* reporta una baja participación de los pacientes en los programas de RC, solamente un 29% de los pacientes referidos son parte de un programa de rehabilitación cardíaca al mes de egreso. Factores asociados a la baja participación en uno de estos programas al mes del egreso, a pesar de ser referido, son el ser mujer, el ser sedentario, la edad y algunas comorbilidades como la hipertensión arterial y la enfermedad arterial periférica (71).

En el estudio de Pouche *et al.* se documentó que los pacientes referidos a los programas de rehabilitación cardíaca son de edad más joven, comparado con los no referidos. Se refiere con mayor frecuencia a los hombres que a las mujeres. Este estudio también encontró una menor mortalidad a 5 años en los pacientes referidos a rehabilitación cardíaca (14,7%) en comparación con los pacientes no referidos (25,9%), lo cual fue estadísticamente significativo. A pesar del beneficio que se ha documentado en términos de sobrevida y mantenimiento de independencia, Flint *et al.* encontró que los adultos mayores son menos referidos a programas de RC, (66,72).

En cuanto a la insuficiencia cardíaca, los beneficios de la RC incluyen una reducción de la mortalidad y la morbilidad, una mejor capacidad funcional y calidad de vida, mejoría en los síntomas asociados y estado de ánimo, parámetros que pueden ser particularmente importantes para los pacientes mayores. La RC también es especialmente útil para abordar las complejidades adicionales de la atención en los pacientes con edad avanzada, que incluyen multimorbilidad, polifarmacia y riesgos de caída (73).

La menor participación de las mujeres en los programas de rehabilitación cardíaca puede estar asociado a barreras asociadas al transporte, responsabilidades familiares y comorbilidades, aunque dichas barreras no son claras. En el estudio de Parashar *et al.* la diferencia de la participación de los hombres y mujeres al mes del egreso hospitalario, se equipara a los 6 meses (71).

En la revisión sistémica de Ruano-Ravina *et al.* encontró también una menor participación de las mujeres en los programas de RC, esto asociado a varios factores, como una menor percepción de beneficio (incluso son menos referidas que los hombres

por sus cardiólogos), mayores responsabilidades familiares y menos tiempo para asistir (63).

Factores como un alto ingreso económico y nivel educativo se asocia a una mayor participación en los programas de RC. También se ha documentado mayor participación en las personas laboralmente activas, en comparación con personas no trabajadoras. Además casi todos los estudios han encontrado que vivir en pareja aumenta las posibilidades de participar en un programa de RC, y vivir solo o ser soltero las disminuyen (63).

En el estudio de Pouche *et al.* se encontró que después de un síndrome coronario agudo, la RC mejora el pronóstico del paciente. La mortalidad a 5 años se redujo en un 24% en pacientes a los que se le prescribió RC, comparado a los que no. El grupo de pacientes más jóvenes (edad menor a 60 años), tuvo mayor beneficio que el grupo de pacientes mayores (edad mayor o igual a 60 años), sin embargo, este último grupo también mantiene el beneficio. En este estudio también se documentó mayor beneficio en los hombres comparado con las mujeres, para esto no hay mayor explicación (66).

En el estudio de Flint *et al.* se documentó que los pacientes con velocidad de marcha más lenta (menor a 0,8m/s), son menos incentivados por su médico a ingresar a un programa de rehabilitación cardíaca y con menos frecuencia ingresan a estos programas. En este grupo de pacientes, se reconoció que los de edad más avanzada, las mujeres, los no caucásicos, los solteros, con menor nivel educativo y mayor número de comorbilidades cardíacas tienen menos participación en los programas de RC. En este mismo estudio se documentó que los beneficios de la rehabilitación cardíaca a un año

(sobrevivida y mantenimiento de independencia) son similares entre los diferentes grupos de velocidad de la marcha (lenta y normal) (72).

Aunque no hay grandes estudios que hayan evaluado específicamente la seguridad de la RC en adultos mayores, la incidencia de eventos cardiovasculares durante y después de las sesiones de RC ha sido estudiada y ha demostrado ser extremadamente rara. Muchos estudios de seguridad se realizaron antes de la terapia médica óptima actual y la revascularización coronaria, por lo que la seguridad es probable que sea aún mayor en la actualidad. Un estudio en 2003 de pacientes en 65 programas de RC identificó un evento cardiovascular por cada 50,000 horas de ejercicio de los pacientes y un paro cardíaco por cada 77,000 horas de ejercicio de los pacientes. Una declaración en 2007 de la Asociación Americana del Corazón sobre el riesgo de episodios cardiovasculares agudos durante el ejercicio estimó que el riesgo de muerte, paro cardíaco o infarto de miocardio es de un evento por cada 60,000 a 80,000 horas de ejercicio (74).

Se ha reportado que la RC mejora la capacidad funcional y la fuerza muscular en adultos mayores de 75 años, esta mejoría (mayor al 15%) es notable en diferentes dominios del rendimiento físico, con una baja tasa de efectos adversos. Los tres componentes del rendimiento físico (capacidad aeróbica, resistencia y fuerza muscular) mejoraron significativamente desde el inicio hasta el final del programa de RC en la población en general. Hay varios estudios que documentan dicha mejoría, en pacientes que ingresan a programas de RC posterior a un infarto del miocardio (la mejoría va de un 14 a un 15%) (69,75).

Hay datos que sugieren que los programas de rehabilitación cardiaca que incluyen entrenamiento aeróbico y de resistencia muscular mejoran la habilidad de los adultos mayores para desarrollar actividades de vida diaria, que son fundamentales para mantener su independencia. Los ejercicios de resistencia aumentan la fuerza muscular de extremidades superiores e inferiores, por lo que se recomiendan en estos programas, además del entrenamiento aeróbico (75).

Respecto a los beneficios a largo plazo, un estudio del 2016 en Francia, documenta que la mortalidad a 5 años disminuyó en un 24% en los pacientes que se les prescribió RC en comparación con los que no. También se notó que la tasa de prescripción de RC se mantuvo baja, ya que se le propuso solo al 22% de los pacientes que presentaron un episodio agudo de cardiopatía isquémica (66).

Los pacientes que completan un programa de RC tienen un mejor perfil de composición corporal en comparación con un grupo control, el contexto de los factores de riesgo de enfermedad coronaria. Dichos efectos corresponden a una disminución del índice de masa corporal (IMC) y de la grasa corporal, principalmente de los depósitos viscerales, y a un aumento de la masa libre de grasa. Estos hallazgos se han documentado particularmente en programas de RC con elementos de entrenamiento de fuerza (76).

Capítulo III. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar el efecto del ejercicio físico en el desempeño funcional, en la composición corporal y en la fuerza muscular de los pacientes adultos mayores al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca del Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología, en el año 2019.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar las características sociodemográficas de la población adulta mayor que participa en el programa de rehabilitación cardiaca.
- Determinar si al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca mejora el desempeño funcional de los pacientes adultos mayores.
- Describir la composición corporal al inicio y al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.
- Documentar si hay modificación en la fuerza muscular de los pacientes que participan en el programa de rehabilitación cardiaca.

Capítulo IV: Metodología

4.1. Tipo de estudio

Se realizó un estudio retrospectivo, observacional descriptivo con base en registros médicos, los pacientes se obtuvieron de la base de datos del programa de rehabilitación cardiaca del Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología. Se contó con la aprobación del Comité Ético Científico Institucional de la Caja Costarricense de Seguro Social previo a la recolección de los datos.

4.2. Diseño del estudio

Para la realización del presente estudio, se utilizó la población de los pacientes que terminaron el programa de rehabilitación cardiaca del Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología, durante el año 2019. Estos pacientes son conocidos con alguna de las siguientes enfermedades: cardiopatía isquémica, insuficiencia cardiaca de cualquier origen, miocardiopatías, valvulopatías, trastornos del ritmo, enfermedad cardiovascular de alto grado no quirúrgica y enfermedad vascular periférica. Se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

4.2.1. Criterios de inclusión de los participantes.

Los criterios de inclusión utilizados para este estudio fueron: Pacientes con 60 años o más que participaron en el programa de rehabilitación cardiaca en el año 2019, de ambos géneros, sin distinción de etnia.

4.2.2. Criterios de exclusión de los participantes.

Se excluyeron del estudio los pacientes que no tengan los resultados de las pruebas de desempeño (caminata de 6 minutos y prueba corta de desempeño físico, al iniciar y al finalizar el programa), los pacientes que no tenga medición de composición corporal (al iniciar y al finalizar el programa) y los pacientes que no tenga dinamometría (al iniciar y al finalizar el programa).

4.3. Descripción de variables

Los tipos de variables empleadas en este proyecto son cualitativas y cuantitativas, las cuales se detallan a continuación.

4.3.1. Variables cualitativas.

- Sexo
- Estado Civil
- Escolaridad
- Domicilio
- Pensión

4.3.2. Variables cuantitativas.

- Edad
- Distancia en metros recorrida en prueba de caminata de 6 minutos
- Velocidad de la marcha en metros por segundos al recorrer 6 metros
- Prueba de levantarse y sentarse cinco veces
- Puntaje de la prueba corta de desempeño
- Número de sesiones

- Valor de niveles de vitamina D
- Porcentaje masa magra
- Porcentaje masa grasa
- Masa muscular absoluta
- Índice músculo esquelético
- Índice de masa muscular
- Dinamometría manual

4.4. Análisis estadístico

Se logró recolectar información de 30 pacientes, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. De la base de datos del programa de rehabilitación cardiaca se tomaron los pacientes que completaron el programa. Se diseñó una base de datos en Excel, y para la interpretación dichos datos se utilizó los programas Excel y Python.

Se realizó un análisis descriptivo para obtener los promedios, las desviaciones estándar, valores mínimos, máximos y rangos. Las técnicas estadísticas para el análisis de la información utilizadas fueron las distribuciones de frecuencia, relación entre variables y comparación de medias. Se utilizó la prueba t de Student con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$), para la comprobación de hipótesis de los diferentes promedios, al iniciar y al finalizar el programa de RC. Para los subgrupos se calculó el tamaño del efecto (TE) con la fórmula de Cohen, se definió efecto grande una d mayor a 0,80.

Capítulo V: Resultados y Discusión

5.1. Resultados

El presente análisis se realizó tomando la información de la base de datos del programa de rehabilitación cardiaca durante el 2019. Se obtuvo 38 pacientes, que ingresaron al programa, pero se excluyeron 8 que no terminaron el programa, por lo que no contaban con las pruebas de desempeño funcional, composición corporal y dinamometría finales. La población de estudio consistió en 30 pacientes, que corresponde a los pacientes que completaron el programa de rehabilitación cardiaca y presentaron los criterios de inclusión.

En promedio, la edad de los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca fue de 73,9 años, la edad mínima es de 64 años y la máxima es de 90. La distribución de las edades por grupos de edad se muestra en el Gráfico 1, se puede ver que la mayoría de pacientes tienen entre 70 y 79 años de edad.

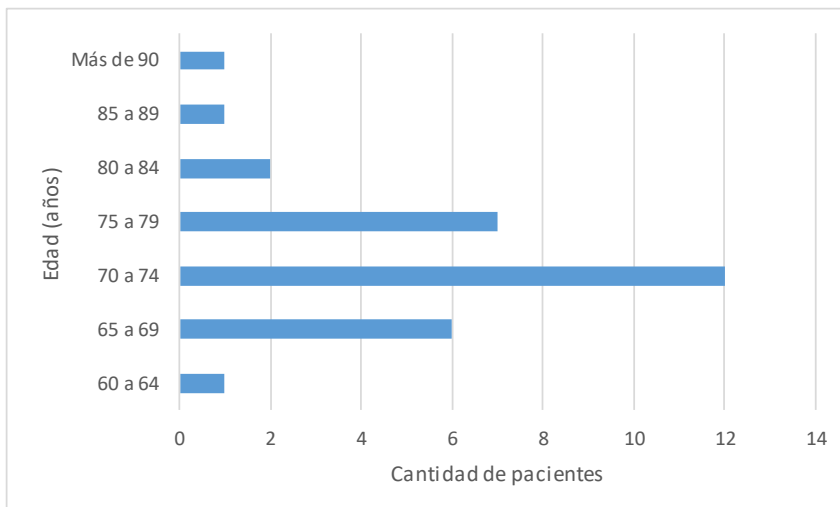


Gráfico 1. Distribución por grupos de edad de los pacientes que terminaron el programa de rehabilitación cardiaca.

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

De los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardíaca 36,7% fueron mujeres y 63,3% hombres. De todos ellos, un 80% recibe pensión y 20% no recibe. En cuanto al estado civil, 6,7% están solteros, 76,7% son casados, 10% viudos, 3,3% divorciados y el restante 3,3% viven en unión libre.

De la población estudiada, 6,66% tienen primaria incompleta, 13,33% primaria completa, 20% secundaria incompleta, 10% secundaria completa, 36,66% son universitarios y 13,33% tienen algún técnico. En cuanto a la provincia de procedencia, el 83,33% de los participantes son de San José, 6,66% son de Alajuela, 3,33% de Heredia y 6,66% son de Cartago.

En promedio la cantidad de sesiones a las que asistieron fue de 28, la cantidad mínima de sesiones fue de 24 y la máxima fue de 31.

En cuanto a las pruebas de desempeño funcional, en la caminata de 6 minutos (Tabla 1), el promedio de la distancia inicial recorrida en la caminata de 6 minutos por los adultos mayores fue de 371,8 metros. En promedio, la distancia inicial recorrida se desvía de la media aproximadamente 54,8 metros. La distancia recorrida en la caminata de 6 minutos al finalizar el programa de rehabilitación cardíaca fue de 428,5 metros. En promedio, la distancia final recorrida se desvía de la media aproximadamente 58,9 metros. En promedio la distancia recorrida aumentó en 56,7 metros al finalizar el programa, con significancia estadística ($p < 0,05$).

Tabla 1. *Distancia recorrida en 6 minutos al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Caminata 6 minutos	Inicial (m)	Final (m)
Min	245	338
Max	460	540
Mediana	380	433,5
Promedio	371,8	428,5

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En promedio la velocidad inicial en la marcha fue de 1,06m/s (Tabla 2), con una desviación estándar de 0,19m/s. La velocidad de la marcha promedio al finalizar el programa fue de 1,22m/s con una desviación estándar de 0,18m/s. La velocidad mínima aumentó en 0,1m/s, la máxima aumentó 0,04m/s, la distancia entre la velocidad mínima y máxima se acortó, eso quiere decir que todos aumentaron proporcionalmente y el promedio aumentó en 0,16m/s, este aumento tiene significancia estadística ($p < 0,05$).

Tabla 2. *Velocidad de la marcha al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Velocidad de la marcha	Inicial (m/s)	Final (m/s)
Min	0,68	0,78
Max	1,51	1,55
Mediana	1,045	1,19
Promedio	1,06	1,22

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En la prueba de levantarse y sentarse cinco veces de la silla (Tabla 3), en promedio el tiempo inicial fue de 14,37 segundos y en promedio, el tiempo inicial se desvía de la media aproximadamente 5,69s. En promedio el tiempo en esta prueba al finalizar el programa fue de 12,19s y en promedio, el tiempo final se desvía de la media aproximadamente 2,23s. En esta prueba hubo una importante mejoría, el máximo de tiempo inicial fue de 42s y el máximo en tiempo final bajó a 17,89s, y en el promedio de

tiempo, hubo una disminución de 2,18s entre el promedio inicial y final, esta disminución es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Tabla 3. *Tiempo de levantarse y sentarse de la silla cinco veces al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Tiempo	Inicial (s)	Final (s)
Min	9,12	8,37
Max	42,00	17,89
Mediana	13,65	11,62
Promedio	14,37	12,19

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En cuanto a la prueba corta de desempeño físico (Tabla 4), en promedio el puntaje inicial de los participantes que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca fue de 10,23 puntos, con una desviación estándar de 1,33 puntos. Al finalizar el programa de rehabilitación, el puntaje promedio de la prueba corta de desempeño fue de 11 puntos, con una desviación estándar de 1,02 puntos. Comparando las puntuaciones iniciales con las finales, la puntuación promedio aumentó 0,77 puntos, mejoró la puntuación mínima (aumentó en dos unidades), además el rango disminuyó eso quiere decir que los adultos mayores tienen puntajes ahora más parecidos al finalizar el programa de rehabilitación. Esta mejoría es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Tabla 4. *Puntuación en la prueba corta de desempeño físico al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Puntuación	Inicial (puntos)	Final (puntos)
Min	7	9
Max	12	12
Mediana	10	11
Promedio	10,23	11

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

El índice de masa corporal inicial promedio fue de 28kg/m^2 con una desviación estándar de $5,05\text{kg/m}^2$. El índice de masa corporal final promedio fue de $28,18\text{kg/m}^2$ con una desviación estándar de $5,26\text{kg/m}^2$. Con respecto a esta medida, se puede observar que prácticamente se mantuvo sin cambios, al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación (Tabla 5). En el Gráfico 2 se muestra el IMC al iniciar el programa de rehabilitación, según sexo, y se identifica que un 40% de los pacientes tienen un IMC normal (entre 22kg/m^2 y $26,9\text{kg/m}^2$), y la mayoría se ubica entre sobrepeso y obesidad (IMC mayor a 27kg/m^2).

Tabla 5. *Índice de masa corporal al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

IMC	Inicial (kg/m^2)	Final (kg/m^2)
Mín	19,8	19,1
Max	44,5	44,6
Mediana	27,1	27,1
Promedio	28	28,18

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

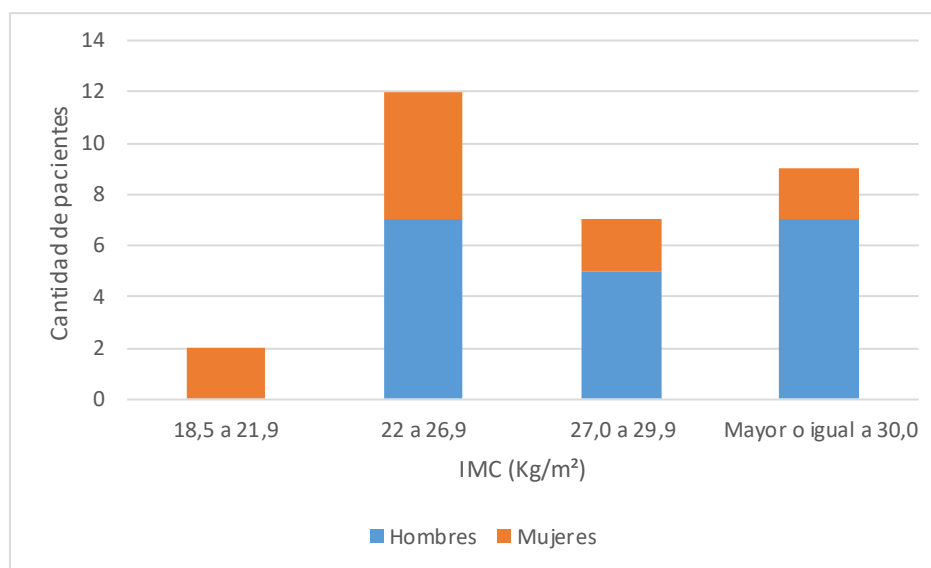


Gráfico 2. Distribución por sexo del IMC inicial de los pacientes que completaron el programa de rehabilitación cardiaca.

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En la Tabla 6 se observan los porcentajes de grasa corporal promedio, tanto al inicio como al final del proceso de rehabilitación. El porcentaje inicial promedio fue de 28,30%, con una desviación estándar de 8,48%. En promedio el porcentaje de grasa corporal final fue de 28,94%, con una desviación estándar de 8,11%. No hubo una disminución en el porcentaje de grasa corporal en los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca, el porcentaje de grasa mínima aumento 2,5%, la máxima aumentó 2% y el promedio aumentó 0,6%.

Tabla 6. *Porcentaje de grasa corporal al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Porcentaje de grasa corporal inicial	Inicial (%)	Final (%)
Min	7,5	10
Max	45,9	47,9
Mediana	29,1	29,4
Promedio	28,3	28,9

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

El porcentaje de masa muscular promedio inicial fue de 39,4%, con una desviación estándar de 4,54%. El porcentaje de masa muscular promedio final fue de 38,9%, con una desviación estándar de 4,83%. Tanto el mínimo como el máximo y el promedio del porcentaje de masa muscular disminuyó (Tabla 7).

Tabla 7. *Porcentaje de masa muscular al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Porcentaje de masa muscular	Inicial (%)	Final (%)
Min	30,4	28,7
Max	51,4	49,7
Mediana	38,9	38,3
Promedio	39,4	38,9

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En promedio la masa muscular inicial de los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca fue de 28,1kg (Tabla 8), con una desviación estándar de 5,8kg. El promedio en la masa muscular final de los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca fue de 27.9kg con una desviación estándar de 5,9kg. El mínimo de la masa muscular aumentó en 0.3kg y el máximo también aumentó en 0.8kg, pero el promedio disminuyó en 0.2kg.

Tabla 8. *Masa muscular al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Masa muscular	Inicial (kg)	Final (kg)
Min	15,4	15,7
Max	39,8	40,6
Mediana	28,6	28,4
Promedio	28,1	27,9

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

El índice de músculo esquelético inicial promedio fue de 8,44kg/m² (Tabla 9), y en promedio, el índice de musculo esquelético inicial se desvía de la media aproximadamente 1,35kg/m². El índice músculo esquelético final promedio fue de 8,40kg/m², y en promedio, el índice de musculo esquelético final se desvía de la media aproximadamente 1,40kg/m².

Tabla 9. *Índice de musculo esquelético al iniciar y finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Índice de músculo esquelético	Inicial (kg/m ²)	Final (kg/m ²)
Min	5,6	5,3
Max	11,4	11,5
Mediana	8,35	8,2
Promedio	8,44	8,40

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

El valor promedio de la de vitamina D en los adultos mayores del estudio es de 64,13nmol/L, el mínimo fue de 26,1nmol/L y el máximo es de 116,8nmol/L. De los 30 pacientes, 26 contaban con niveles de vitamina D, y de ellos un 69,23% tenían déficit (nivel de vitamina D menor a 75nmol/L).

El promedio inicial de dinamometría fue de 24,1kg (Tabla 10) y en promedio, la dinamometría inicial se desvía de la media aproximadamente 6,83kg. El promedio final de dinamometría fue de 25,4kg y en promedio, la dinamometría final se desvía de la media aproximadamente 6,96 kg. El mínimo y el promedio de la dinamometría aumentó a finalizar el programa de rehabilitación, sin embargo, no hay suficiente evidencia estadística para decir que ese aumento es significativo (con un nivel de significancia del 5%).

Tabla 10. *Dinamometría al iniciar y al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.*

Dinamometría	Inicial (kg)	Final (kg)
Min	12	14
Max	40	40
Rango	28	26
Mediana	24	24
Promedio	24,1	25,4

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca HNGG.

En la Tabla 11 se muestra el valor promedio inicial, final y la diferencia en las pruebas de desempeño y dinamometría según sexo. Se identifica que, en la prueba corta de desempeño, en la prueba de levantarse y sentarse de la silla cinco veces, la velocidad de la marcha y en la caminata de 6 minutos, los hombres en promedio tenían mejor puntuación. Ese grupo también tenía mayor dinamometría.

Se calculó el tamaño del efecto del ejercicio físico del programa de RC según sexo, en las diferentes pruebas. Se documentó tanto para hombres como para mujeres un TE grande en la caminata de 6 minutos ($d=1$), y para hombres un TE grande en la velocidad de la marcha ($d=1$).

Tabla 11. *Valor promedio inicial, final y diferencia en las pruebas de desempeño y dinamometría según sexo.*

Prueba	Mujer			Hombre		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Prueba corta de desempeño	9,63pts	10,45pts	0,82pts	10,57pts	11,31pts	0,74pts
Velocidad de la marcha	1,00m/s	1,12m/s	0,12m/s	1,09m/s	1,28m/s	0,19m/s
Prueba de levantarse y sentarse de la silla veces	16,58s	13,25s	3,33s	13,09s	11,58s	1,51s
Caminata de 6 minutos	343,6m	398,7m	55,1m	388,1m	445,7m	57,6m
Dinamometría manual	17,5kg	19kg	1,5kg	27,9kg	29,1kg	1,2kg

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca del HNGG.

En la Tabla 12 se puede ver el valor inicial y final de las pruebas de desempeño y dinamometría según la prueba corta de desempeño inicial (pobre desempeño con 8 puntos o menos y desempeño normal con 9 puntos o más). Es importante destacar que solamente 3 de los pacientes del estudio tenían un pobre desempeño al momento de iniciar el programa de rehabilitación, el resto tenía una prueba de desempeño física normal, y al finalizar todos tenían una prueba corta de desempeño normal.

Se calculó el tamaño del efecto del ejercicio físico de la RC según la prueba corta de desempeño físico inicial para las diferentes pruebas, y se documentó un TE grande en la prueba corta de desempeño físico ($d=1$) en los pacientes con un desempeño pobre

inicial. En los pacientes con desempeño funcional inicial normal, el ejercicio físico tuvo un TE en la velocidad de la marcha ($d=0.84$) y en la caminata de 6 minutos ($d=1$).

Tabla 12. *Valor inicial, final y diferencia en las pruebas de desempeño y dinamometría según la prueba corta de desempeño inicial.*

Prueba	Prueba corta de desempeño inicial menor o igual a 8 puntos			Prueba corta de desempeño inicial mayor o igual a 9 puntos		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Prueba corta de desempeño	7,67pts	9,33pts	1,66pts	10,52pts	11,19pts	0,67pts
Velocidad de la marcha	0,97m/s	1,06m/s	0,09m/s	1,07m/s	1,23m/s	0,16m/s
Prueba de levantarse y sentarse de la silla veces	16,53s	15,33s	1,2s	14,13s	11,84s	2,29s
Caminata de 6 minutos	367,33m	383,66m	16,33m	372,23m	433,48m	61,25m
Dinamometría manual	20kg	22kg	2kg	24,5kg	25,7kg	1,2kg

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca del HNGG.

En la Tabla 13 se observa el cambio en los valores de las pruebas de desempeño y en la dinamometría, según la dinamometría inicial: baja (punto de corte para dinamometría según sexo: menos de 16kg en mujeres y menos de 27kg en hombres) o dinamometría normal. Aquí se ve que los pacientes con dinamometría normal al inicio del programa de rehabilitación tienen mayores valores en las pruebas de desempeño. De los 30 pacientes del estudio, 12 se presentaron con una dinamometría baja al momento del inicio del programa de rehabilitación y al final solamente 10 de ellos persisten con dinamometría baja.

En los pacientes con una dinamometría baja inicial, el TE de la RC fue grande en la velocidad de la marcha ($d=0,95$) y la caminata de 6 minutos ($d=1$). En los pacientes con dinamometría normal, el TE fue grande en la caminata de 6 minutos ($d=0,94$).

Tabla 13. *Valor promedio inicial, final y diferencia de las pruebas de desempeño y dinamometría, según dinamometría baja o normal al inicio de la rehabilitación cardiaca.*

Prueba	Dinamometría baja			Dinamometría normal		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Prueba corta de desempeño	10,33pts	11pts	0,67pts	10,16pts	11pts	0,84pts
Velocidad de la marcha	0,98m/s	1,16m/s	0,18m/s	1,11m/s	1,25m/s	0,14m/s
Prueba de levantarse y sentarse de la silla veces	14,05s	11,77s	2,28s	14,58s	12,46s	2,12s
Caminata de 6 minutos	359,08m	423,5m	64,42m	380,22m	431,83m	51,61m
Dinamometría manual	20,2kg	21kg	0,8kg	26,6kg	28,3kg	1,7kg

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca del HNGG.

En la Tabla 14 se observan los resultados de las pruebas de desempeño y dinamometría, según la velocidad de marcha inicial lenta (menor o igual a 0,8m/s) o normal (mayor a 0,8m/s). De los 30 pacientes, 3 se presentaron con velocidad de marcha menor o igual a 0,8m/s y al finalizar solo uno mantenía velocidad de la marcha lenta.

En los pacientes con velocidad de marcha menor o igual a 0,8m/s, el TE del ejercicio físico fue grande para la prueba corta de desempeño ($d=1$), la velocidad de la marcha ($d=1$) y la caminata de 6 minutos ($d=1$), mientras que, en los pacientes con velocidad de marcha normal, el TE fue grande solamente en la caminata de 6 minutos ($d=1$).

Tabla 14. *Valor promedio inicial, final y diferencia de las pruebas de desempeño y dinamometría, según velocidad de marcha baja o normal al inicio de la rehabilitación cardiaca.*

Prueba	Velocidad de marcha lenta (menor o igual a 0,8m/s)			Velocidad de marcha normal (mayor a 0,8m/s)		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Prueba corta de desempeño	8,33pts	10pts	1,67pts	10,44pts	11,11pts	0,67
Velocidad de la marcha	0,75m/s	1,10m/s	0,35m/s	1,11m/s	1,23	0,12
Prueba de levantarse y sentarse de la silla veces	15,88s	13,56s	2,32s	14,15s	11,97s	2,18s
Caminata de 6 minutos	311m	412,33m	101,33m	376,52m	431,53m	55,01m
Dinamometría manual	19,67kg	22kg	2,33kg	24,55kg	25,77kg	1,22kg

Fuente: Elaboración propia, datos del programa de rehabilitación cardiaca del HNGG.

5.2. Discusión

Este trabajo valoró el efecto del ejercicio físico en el desempeño funcional, en la composición corporal y en la fuerza muscular de los pacientes adultos mayores al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca del Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología, en el año 2019.

En promedio la edad los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardiaca fue de 73,9 años. Se ha documentado que el pico de edad para participar en los programas de RC es menor (de 50 a 65 años), sin embargo, el Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología solo atiende a personas mayores de 60 años, por lo que la distribución de las edades no es la usual (63).

De los adultos mayores que finalizaron el programa de rehabilitación cardíaca 36,7% son mujeres y 63,3% son hombres. Ya otros autores han documentado una menor participación de las mujeres en los programas de RC, se han propuesto varias razones, desde el papel de la mujer en la familia (se le asignan más responsabilidades) hasta que son menos referidas por sus cardiólogos, en comparación con los hombres (63,66,71)

La mayoría, 83,3%, de los pacientes residían en San José, esto probablemente se deba a la ubicación del hospital, a pesar de ser un centro nacional de referencia. Hay muchos estudios que han encontrado una menor participación de los lugares lejanos al centro donde se realiza el programa de rehabilitación, que en este caso coincide con solamente tener participantes de Gran Área Metropolitana, y principalmente de San José (63).

Se ha documentado que tener pareja y alto nivel económico y educativo se asocia con participar en un programa de rehabilitación cardíaca, en este caso un 80% de los pacientes tenía pareja, y al menos un 60% de ellos contaban con más de 12 años de estudios formales (63).

En la población estudiada, la caminata de 6 minutos mejoró al terminar el programa de rehabilitación cardíaca, en promedio esta mejoría fue de 56,7m y el aumento relativo fue de 15,3%. La revisión sistémica de Bellet *et al.* encontró una diferencia promedio posterior a la rehabilitación cardíaca de 60,43m, con un incremento relativo de un 10 a un 28% (respecto a la caminata de 6 minutos inicial). Es importante destacar que en dicha revisión no se incluían solamente pacientes adultos mayores, las edades promedias de los estudios estaban entre 52 y 79 años, sin embargo, el incremento en la

distancia recorrida fue similar al observado en el presente estudio. El estudio de Chen *et al.* reporta también un aumento en la caminata de 6 minutos en pacientes adultos mayores con enfermedad arterial coronaria sometidos a un programa de ejercicios de 12 semanas, sin embargo, la mejoría en este caso fue de 25m en promedio (5,57).

A pesar de que no hay un valor establecido para determinar si la mejoría en la caminata de 6 minutos al finalizar un programa de rehabilitación cardiaca tiene significancia clínica, algunos autores definen 25m y otros 50m, en el caso de nuestro estudio, la mejoría promedio fue mayor a dichos valores, por lo que, a pesar de no tener significancia estadística, se podría decir que probablemente sí tiene significancia clínica (28).

Esta mejoría coincide con lo visto en el estudio de Johnston *et al.* que incluía 22 pacientes ingresados a un programa de RC posterior a un infarto agudo de miocardio con edad promedio de 75 años, donde también se documentó mejoría en el desempeño funcional después de 20 sesiones, la caminata de 6 minutos tuvo una mejoría de 15% y una mejoría en la fuerza muscular (con la combinación de ejercicios de balance, aeróbicos y entrenamiento de resistencia) (75).

El estudio FRADEA describe una prueba corta de desempeño con valor promedio en los adultos mayores de 70 años de la comunidad, una puntuación en 8,6 puntos, en el caso de los hombres dicho promedio correspondió a 9,2 puntos y en mujeres 8,2 puntos. En nuestra población de estudio, los valores obtenidos fueron mayores que en dicho estudio, al iniciar la prueba fue de 10,23 puntos en promedio, para los hombres fue de 10,57 puntos y las mujeres 9,63 puntos, lo que quiere decir que en este estudio los

pacientes adultos mayores iniciaron la RC con mejor desempeño funcional que aquellos (24).

La mejoría promedio en la prueba corta de desempeño físico al completar el programa de ejercicios fue de 0,77 puntos en este estudio. En el estudio de Rengo *et al.* que incluyó pacientes de 65 años o más, que ingresaron y completaron un programa de rehabilitación cardíaca, el promedio de la puntuación de prueba corta de desempeño al iniciar el programa que ellos documentaron fue de 9,7 puntos (en nuestro estudio fue de 10,23 puntos). En dicho estudio, la prueba corta de desempeño documentó una mejoría promedio de 0,8 puntos al finalizar el programa de rehabilitación, esta mejoría fue estadísticamente significativa, sin embargo, sin significancia clínica ya que es menor a una unidad. La mejoría observada en el presente estudio es similar, sin embargo, no se encontró significancia estadística (59).

En el meta-análisis de Giné-Garriga *et al.* se documenta que los pacientes frágiles que se someten a un plan de ejercicios (no corresponde a un programa de rehabilitación cardíaca) mejoran la prueba corta de desempeño (1,87 puntos, con significancia estadística). Dicha mejoría es secundaria a una mejoría en la velocidad de la marcha y a la prueba de levantarse y sentarse 5 veces de la silla (en ambas pruebas con significancia estadística). En el presente estudio, al finalizar el programa de RC, los pacientes mejoraron en promedio la prueba corta de desempeño, la velocidad de la marcha y la prueba de levantarse y sentarse de la silla 5 veces, las dos últimas con significancia estadística, como se mencionó previamente, en el caso de la mejoría en la corta prueba de desempeño no hay suficiente evidencia estadística para decir que es significativa (58).

En este estudio, el tiempo promedio en la prueba de levantarse y sentarse de la silla 5 veces al iniciar el programa de RC fue de 14,37s (en mujeres 16,58s y en hombres 13,09s). El estudio FRADEA, documentó valores similares para el promedio en adultos mayores de 70 años de la comunidad sanos (14,2s) y en el promedio para hombres (13,3s) sin embargo, para mujeres si documentó un tiempo menor (14,8s) (24).

Rengo *et al.* también documentó una mejoría en la prueba de levantarse y sentarse de la silla cinco veces y en la velocidad de la marcha al finalizar un programa de RC, esta mejoría con significancia estadística, al igual que en el presente estudio (59).

La velocidad inicial promedio fue de 1,06m/s, diferentes autores consideran que una velocidad de marcha de 0,8m/s predice una expectativa de vida promedio, y que superior a esta sugiere un envejecimiento saludable. A pesar de que en promedio los sujetos del estudio ya tenían una velocidad de marcha normal, el participar en este programa les confirió una mejoría en dicha velocidad (en promedio una velocidad de 1,217m/s, con significancia estadística), y los coloca en un rubro donde algunos autores lo consideran con una expectativa de vida excepcional (velocidad de marcha mayor a 1,2m/s) (9,20,34).

Algunos estudios han definido que una mejoría en la velocidad de la marcha de 0,1m/s tiene significancia clínica, en este estudio la mejoría en la velocidad fue de 0,157m/s por lo que además de la significancia estadística podemos asegurar que el cambio también tiene significancia clínica. En nuestro estudio el grupo con velocidad de marcha baja (menor o igual a 0,8m/s) fue el que tuvo un tamaño del efecto mayor en la prueba corta de desempeño físico, en la velocidad de la marcha y en la caminata de 6

minutos, comparado con el grupo de velocidad de marcha normal, que solamente tuvo un TE grande en la caminata de 6 minutos. Hay que recordar que el grupo con velocidad de marcha lenta era un grupo pequeño (59).

No hay puntos de corte para dinamometría baja en la población de Costa Rica, hay estudios en algunos países latinoamericanos, como en Colombia y Chile, que buscan establecer los valores de dinamometría normal para edad y sexo. En este estudio se tomaron como valor de corte para dinamometría disminuida los definidos por el Consenso de Sarcopenia, 16kg para mujeres y 27kg para hombres (34,35,51).

Se ha reportado que la fuerza muscular medida por dinamometría es significativamente mayor en hombres que en mujeres, así se identificó en nuestro estudio, donde la fuerza muscular promedio en las mujeres al iniciar el programa de RC fue de 17,5kg y en el caso de los hombres fue de 27,9kg. Al iniciar el programa de rehabilitación cardiaca, la fuerza muscular promedio fue de 24,1kg y al concluir fue de 25,4kg, con una mejoría de 1,3kg (sin significancia estadística). Hay estudios, como el de Mroszczyk-McDonald *et al.* que han reportado mejoría en la dinamometría al finalizar los programas de RC, y han documentado además que correlacionan con capacidad funcional. (60).

Rengo *et al.* encontró que para pacientes con prueba corta de desempeño menor o igual a 9 puntos, el valor promedio de dinamometría fue de 26kg, para pacientes con prueba corta de desempeño mayor a 10 puntos fue de 32kg, y en promedio la dinamometría fue de 30kg. En nuestro estudio se usó como punto de corte para un pobre desempeño una prueba corta de desempeño menor o igual a 8 puntos, y ese grupo la dinamometría promedio al iniciar el programa de RC fue de 20kg, y en los pacientes con

un desempeño normal (definido como una prueba corta de desempeño mayor o igual a 9 puntos) fue de 24,5kg. A pesar de que no coinciden los valores, sí coincide que el paciente con menor desempeño tiene menor dinamometría y viceversa, y probablemente si se utilizaran los mismos puntos de corte, los valores promedios serían más similares (59).

Al igual que otros autores, en este estudio se documentó que a mayor fuerza muscular inicial (los pacientes que presentaron dinamometría inicial normal comparado con los que tenía dinamometría baja), recorrieron mayor distancia en la caminata de 6 minutos (380,2m contra 359,1m). Sin embargo, en ambos grupos el TE fue grande (8,26).

Nuestros pacientes con menor fuerza muscular medida por la dinamometría, también presentaron menor puntuación en la prueba corta de desempeño, como lo observado ya previamente por otros autores (59).

En nuestro estudio, el grupo de pacientes con desempeño normal (prueba corta de desempeño con 9 puntos o más), tuvieron en promedio un mayor aumento en la distancia recorrida en la caminata de 6 minutos (61,25m comparado con 16,33m en el grupo con pobre desempeño). No coincide con lo visto por Casillas *et al.* donde encontró que, en los pacientes con insuficiencia cardiaca, los pacientes con menor capacidad física tenían mayor aumento en la distancia recorrida, comparada con los pacientes con mayor capacidad física, aunque debemos recordar que en dicho grupo era específico de pacientes con insuficiencia cardiaca. De igual forma se debe destacar que el TE en esta prueba fue grande para ambos grupos (28).

En nuestro estudio, los pacientes con un desempeño menor tuvieron mayor mejoría en la prueba corta de desempeño al finalizar el programa de RC, que los que

tenían mejor desempeño inicial (1,66 puntos versus 0,67 puntos de mejoría), de hecho, en ese grupo el tamaño del efecto fue grande, y en el segundo grupo no. Esto también lo reportó Rengo *et al.* en su estudio, con una mejoría de 1,6 puntos con significancia estadística en los pacientes con menor desempeño (lo definieron con una prueba corta de desempeño menor o igual a 9 puntos), esa mejoría estaba principalmente asociada a un aumento en la velocidad de la marcha y mayor puntuación en la prueba de levantarse y sentarse 5 veces de la silla. Ya esto lo han visto otros autores también, lo que ha llevado a pensar que el desempeño funcional podría tener un efecto techo, que pacientes con un buen desempeño funcional podrían no tener tanta mejoría, como los pacientes que tienen un desempeño menor, que tienen oportunidad para una mejoría mayor (57,59).

Las mujeres tuvieron una distancia recorrida en 6 minutos y una velocidad de la marcha menor, como ya ha sido descrito por Kamiya *et al.* (21).

Un 40% de los pacientes tenían un IMC normal (definido para adultos mayores entre 22kg/m^2 y $26,9\text{kg/m}^2$), y un 53% de los pacientes tenían sobrepeso u obesidad. El porcentaje de grasa promedio en la población de estudio fue de 28,3%, similar a la reportada en otros estudios para personas adultas mayores. El porcentaje de masa muscular promedio fue de 39,4%, mayor al reportado por otros autores, que incluso indican podría llegar hasta 27% (33,37,38,41).

En este estudio, al revisar los resultados de la composición corporal, se documentó que el IMC se mantiene prácticamente igual al finalizar el programa de RC (28kg/m^2 al iniciar y $28,18\text{kg/m}^2$ al finalizar). Al revisar los diferentes componentes, se encontró también que el porcentaje de grasa corporal tiene un leve aumento (28,3% al iniciar y

28,9% al finalizar) y el porcentaje de masa muscular una leve disminución (39,4% al iniciar y 38,9% al finalizar). La masa muscular absoluta en promedio también tiene una leve disminución (0,2kg) y el Índice de Músculo esquelético se mantiene prácticamente igual (8,44kg/m² al iniciar y 8,40kg/m² al finalizar). Estos resultados pueden estar en relación a que el tipo de ejercicio principal que se realiza en el programa de RC del HNGG corresponde a ejercicio aeróbico, y que el ejercicio más asociado a cambios en la masa libre de grasa es el ejercicio de resistencia muscular (3,18,55).

Capítulo VI: Conclusiones

1. La población adulta mayor que completó el programa de rehabilitación cardiaca en el HNGG durante el 2019 es en su mayoría de sexo masculino, con edades principalmente entre 70 y 79 años. La mayor parte está casada, tiene al menos 12 años de escolaridad, recibe pensión, y vive en San José.
2. La mayoría de pacientes que ingresaron al programa de RC tenían un desempeño funcional normal al inicio del programa.
3. La distancia recorrida en la caminata de 6 minutos aumentó significativamente al completar el programa de rehabilitación cardiaca.
4. La puntuación de la prueba corta de desempeño físico mejoró al finalizar el programa de RC de forma significativa, aunque no se traduce en significancia clínica. Hubo también una importante mejoría en el tiempo de la prueba de levantarse y sentarse de la silla 5 veces (con significancia estadística).
5. La mejoría en la velocidad de la marcha de los pacientes al completar el programa de RC tiene significancia clínica y estadística.
6. El desempeño funcional de los pacientes que completan el programa de RC mejoró, en las distintas pruebas utilizadas para valorarlo.
7. En promedio los pacientes del programa de RC tienen sobrepeso según el IMC.
8. El porcentaje de grasa fue de 28,3% y el índice de músculo esquelético fue de 8,40kg/m² al iniciar el programa de RC, y se mantiene sin cambios importantes al finalizar.

9. Al iniciar el programa, 12 pacientes tenían dinamometría baja y al concluir solamente 10 la mantienen, sin embargo, no hubo modificación significativa en la dinamometría promedio al finalizar el programa de RC.

Capítulo VII: Recomendaciones y Limitaciones

7.1. Recomendaciones

1. Continuar con estudios de investigación que valoren si se mantiene en el tiempo el efecto del ejercicio descrito en los pacientes, posterior a finalizar el programa de RC.
2. Evaluar también los pacientes que no completan el programa de RC, y comparar los resultados obtenidos.
3. Incentivar la participación de los pacientes con pobre desempeño funcional en estos programas, ya que se ha demostrado que también se benefician.
4. Complementar el programa de RC con una valoración y un seguimiento nutricional.
5. Incluir ejercicios de fuerza muscular en el programa de RC.
6. Educar a la comunidad médica del HNGG de la importancia de referir a estos pacientes al programa de RC
7. Incentivar en la consulta de geriatría la prescripción de ejercicio físico y el realizar actividad física regular.
8. Realizar estudios prospectivos con los pacientes del grupo de RC

7.2. Limitaciones

1. El tamaño de la población fue pequeño.
2. No todos los pacientes completaron el programa de RC, por lo que la población fue más pequeña de lo esperada.
3. Al ser un estudio transversal, no permite hacer análisis de causalidad.

4. Además del ejercicio los participantes podrían tener cambios en estilo de vida que también influyan en los resultados obtenidos y puede sesgar los resultados.

Bibliografía

1. Vigorito C, Abreu A, Ambrosetti M, Belardinelli R, Corrà U, Cupples M, et al. Frailty and cardiac rehabilitation: A call to action from the EAPC Cardiac Rehabilitation Section. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;1–14.
2. Ministerio de Salud. Costa Rica. Estrategia Nacional para un envejecimiento saludable basado en el curso de vida 2018-2020. 2018.
3. Westerterp KR. Changes in physical activity over the lifespan: impact on body composition and sarcopenic obesity. *Obes Rev*. 2018;19:8–13.
4. Hechanova RL, Wegler JL, Forest CP. Exercise: A vitally important prescription. *J Am Acad Physician Assist*. 2017;30(4):17–22.
5. Chen C, Chen Y, Tu H, Huang M, Jhong J-H, Lin K-L. Benefits of exercise training and the correlation between aerobic capacity and functional outcomes and quality of life in elderly patients with coronary artery disease. *Kaohsiung J Med Sci* [Internet]. 2014;30(10):521–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.kjms.2014.08.004>
6. Cacciatore F, Ferrara N, Mezzani A, Maiello C, Amarelli C, Curcio F, et al. Cardiac Rehabilitation in the Elderly Patients. *Sport Med Rehabil J* [Internet]. 2016;1(2):7. Available from: http://remedypublications.com/sports-medicine/articles/pdfs_folder/smrj-v1-id1006.pdf
7. Rodrigues P, Santos M, Sousa MJ, Brochado B, Anjo D, Barreira A, et al. Cardiac Rehabilitation after an Acute Coronary Syndrome: The Impact in Elderly Patients. *Cardiology* [Internet]. 2015;131(3):177–85. Available from: <http://www.karger.com/?doi=10.1159/000381824>
8. Chou CH, Hwang CL, Wu YT. Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: A meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(2):237–44.
9. Abizanda Soler P, Alfonso Silguero SA, Navarro López JL. Tratado de Medicina

- Geriatrica. 1st ed. Abizanda Soler P, Rodríguez Mañas L, editors. Elsevier. España: Elsevier España; 2015. 172 p.
10. High KP, Ziemann S, Gurwitz J, Hill C, Lai J, Robinson T, et al. Use of Functional Assessment to Define Therapeutic Goals and Treatment. *J Am Geriatr Soc.* 2019;1–9.
 11. Van Lummel RC, Walgaard S, Pijnappels M, Elders PJM, Garcia-Aymerich J, Van Dieën JH, et al. Physical performance and physical activity in older adults: Associated but separate domains of physical function in old age. *PLoS One.* 2015;10(12):1–16.
 12. Haider S, Grabovac I, Dorner TE. Effects of physical activity interventions in frail and prefrail community-dwelling people on frailty status, muscle strength, physical performance and muscle mass—a narrative review. *Wien Klin Wochenschr.* 2019;131:244–54.
 13. Bauman A, Merom D, Bull FC, Buchner DM, Fiatarone Singh MA. Updating the Evidence for Physical Activity: Summative Reviews of the Epidemiological Evidence, Prevalence, and Interventions to Promote “active Aging.” *Gerontologist.* 2016;56:S268–80.
 14. Panzarino M, Gravina A, Carosi V, Crobeddu P, Tiroli A, Lombardi R, et al. Cardiovascular and hemodynamic responses to adapted physical exercises in very old adults. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(3):419–26.
 15. U.S.Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. 2008.
 16. Lee PG, Jackson EA, Richardson CR, Arbor A. Exercise Prescriptions in Older Adults. 2017;
 17. Cawthon PM. Assessment of lean mass and physical performance in sarcopenia. *J Clin Densitom [Internet].* 2015;18(4):467–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocd.2015.05.063>

18. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018;9(1):3–19.
19. Santos L, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, Tomeleri CM, Souza MF, et al. The improvement in walking speed induced by resistance training is associated with increased muscular strength but not skeletal muscle mass in older women. *Eur J Sport Sci*. 2017;
20. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. *JAMA*. 2011;305(1):50–8.
21. Kamiya K, Hamazaki N, Matsue Y, Matsuzawa R, Mezzani A, Corra U, et al. Gait speed has comparable prognostic capability to six-minute walk distance in older patients with cardiovascular disease. *Eur J Prev Cardiol*. 2017;1–8.
22. Treacy D, Hassett L. The Short Physical Performance Battery. *J Physiother* [Internet]. 2018;64(1):61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2017.04.002>
23. Abizanda Soler P, Romero Rizos L. Innovación en valoración funcional. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2006;41(Supl 1):27–35.
24. Abizanda Soler P, López-Torres Hidalgo J, Romero Rizos L, Sánchez Jurado PM, García Noguerras I, Esquinas Requena JL. Valores normativos de instrumentos de valoración funcional en ancianos españoles: estudio FRADEA. *Aten Primaria*. 2012;44(3):162–71.
25. Palacios-Chávez M, Dejo-Seminario C, Mayta-Tristán P. Rendimiento físico y fuerza muscular en pacientes adultos mayores con diabetes y sin diabetes de un hospital público de Lima (Perú). *Endocrinol y Nutr*. 2016;63(5):220–9.
26. Enright PL, McBurnie MA, Bittner V, Tracy RP, McNamara R, Arnold A, et al. The 6-min walk test: A quick measure of functional status in elderly adults. *Chest* [Internet]. 2003;123(2):387–98. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.123.2.387>

27. Faggiano P, D'Aloia A, Gualeni A, Brentana L, Dei Cas L. The 6 minute walking test in chronic heart failure: Indications, interpretation and limitations from a review of the literature. *Eur J Heart Fail*. 2004;6(6):687–91.
28. Casillas J, Hannequin A, Besson D, Krawcow C, Laurent Y, Gremeaux V. Walking tests during the exercise training : Specific use for the cardiac rehabilitation. *Ann Phys Rehabil Med*. 2013;56:561–75.
29. Li CM, Chang CI, Yu WR, Yang W, Hsu CC, Chen CY. Enhancing elderly health examination effectiveness by adding physical function evaluations and interventions. *Arch Gerontol Geriatr* [Internet]. 2017;70:38–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2016.12.009>
30. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148(November):648–58.
31. Woodrow G. Body composition analysis techniques in the aged adult : indications and limitations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2009;(12):8–14.
32. Borga M, West J, Bell JD, Harvey NC, Romu T, Heymsfield SB, et al. Advanced body composition assessment: From body mass index to body composition profiling. *J Investig Med*. 2018;66(5):887–95.
33. Cuesta Triana F, Rodriguez Gonzlez C, Mata Martn P. Valoración nutricional en el anciano (Nutritional assessment in the elderly) [Internet]. Vol. 9, *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*,. 2006. 4037–4047 p. Available from: https://www.segg.es/media/descargas/Acreditacion de Calidad SEGG/CentrosDia/valoracion_nutricional_anciano.pdf%0Ahttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0211344906743739
34. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31.
35. Lera L, Ángel B, Sánchez H, Picrin Y, Hormazabal MJ, Quiero A, et al.

- Estimación y validación de puntos de corte de índice de masa muscular esquelética para la identificación de sarcopenia en adultos mayores chilenos. *Nutr Hosp.* 2015;31(3):1187–97.
36. Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A, Iellamo F, Siervo M, Pietrobelli A, et al. Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy x-ray absorptiometry (DXA): A critical overview. *Contrast Media Mol Imaging.* 2019;2019:1–9.
37. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M. Ageing and changes in body composition: The importance of valid measurements [Internet]. Vol. 1900, Food for the Ageing Population: A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing Limited; 2008. 169–183 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1533/9781845695484.2.169>
38. Jafarinasabian P, Inglis JE, Reilly W, Kelly OJ, Ilich JZ. Aging human body : changes in bone , muscle and body fat with consequent changes in nutrient intake. *J Endocrinol.* 2017;234(1):37–51.
39. World Health Organization. Obesity: preventing and maneging the global epidemic. Vol. 894, WHO Technical Report Series. 2000.
40. Orpana HM, Berthelot JM, Kaplan MS, Feeny DH, McFarland B, Ross NA. BMI and mortality: Results from a national longitudinal study of canadian adults. *Obesity [Internet].* 2010;18(1):214–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2009.191>
41. Camina-Martín MA, de Mateo-Silleras B, Malafarina V, Lopez-Mongil R, Niño-Martín V, López-Trigo JA, et al. Valoración del estado nutricional en Geriatria: Declaración de consenso del Grupo de Nutrición de la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2016;51(1):52–7.
42. Atlantis E, Martin SA, Haren MT, Taylor AW, Wittert GA, Adelaide F, et al. Lifestyle factors associated with age-related differences in body composition : the Florey Adelaide Male Aging Study 1 – 3. 2018;(April):95–104.

43. Gómez-Cabello A, Vicente Rodríguez G, Vila-Maldonado S, Casajús JA, Ara I. Envejecimiento y composición corporal: la obesidad sarcopénica en España. *Nutr Hosp*. 2012;27(1):22–30.
44. St-Onge M-P, Gallegher D. Body composition changes with aging: The cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*. 2010;26(2):152–5.
45. Goodpaster BH, Study for the HABC, Park SW, Study for the HABC, Harris TB, Study for the HABC, et al. The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(10):1059–64.
46. Hunter SK, Pereira XHM, Keenan KG. The aging neuromuscular system and motor performance. *J Appl Physiol*. 2016;(121):982–95.
47. Heckman CJ, Enoka RM. Motor unit. *Compr Physiol*. 2012;2(4):2629–82.
48. Buckinx F, Croisier J, Reginster J, Dardenne N, Beudart C, Slomian J, et al. Reliability of muscle strength measures obtained with a hand-held dynamometer in an elderly population. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015;1–9.
49. Liu C, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;(3).
50. Abizanda P, Navarro JL, García-Tomás MI, López-Jiménez E, Martínez-Sánchez E, Paterna G. Validity and usefulness of hand-held dynamometry for measuring muscle strength in community-dwelling older persons. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;54(1):21–7.
51. Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Cano CA, Izquierdo M. Reference values for handgrip strength and their association with intrinsic capacity domains among older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019;10(2):278–86.
52. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A

- review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011;40(4):423–9.
53. Dudzińska-griszek J, Szuster K, Szewieczek J. Grip strength as a frailty diagnostic component in geriatric inpatients. *Clin Interv Aging*. 2017;(12):1151–7.
54. Durán Agüero S, Fuentes JF, Leiva AV. Dinamometría, masa muscular y masa grasa braquial en adultos mayores autovalentes. *Rev Esp Nutr Comunitaria [Internet]*. 2017;23(4). Available from: http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2017_4_3._Duran_Aguero.pdf
55. Liberman K, Forti LN, Beyer I, Bautmans I. The effects of exercise on muscle strength , body composition , physical functioning and the inflammatory profile of older adults : a systematic review. 2017;20(1):30–53.
56. Vidarte Claros J, Castiblanco Arroyave H, Gonzalez Correa C, Marulanda Mejía F. Efectos de un programa de intervención funcional sobre la fuerza en ancianos sarcopénicos (Colombia). *Rev Latinoam Hipertens*. 2018;13(3).
57. Bellet RN, Adams L, Morris NR. The 6-minute walk test in outpatient cardiac rehabilitation: Validity, reliability and responsiveness-a systematic review. *Physiotherapy [Internet]*. 2012;98(4):277–86. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2011.11.003>
58. Giné-Garriga M, Roqué-Fíguls M, Coll-Planas L, Sitjà-Rabert M, Salvà A. Physical exercise interventions for improving performance-based measures of physical function in community-dwelling, frail older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(4).
59. Rengo JL, Savage PD, Shaw JC, Ades PA. Directly Measured Physical Function in Cardiac Rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2017;37(3):175–81.
60. Mroszczyk-McDonald A, Savage PD, Ades PA. Handgrip Strength in Cardiac

- Rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2007;27(5):298–302.
61. Antoniak AE, Greig CA. The effect of combined resistance exercise training and Vitamin D 3 supplementation on musculoskeletal health and function in older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2017;7(7):1–16.
 62. Wanderley FAC, Oliveira NL, Marques E, Moreira P, Oliveira J, Carvalho J. Aerobic versus resistance training effects on health-related quality of life, body composition, and function of older adults. *J Appl Gerontol.* 2015;34(3):NP143–65.
 63. Ruano-Ravina A, Pena-Gil C, Abu-Assi E, Raposeiras S, van 't Hof A, Meindersma E, et al. Participation and adherence to cardiac rehabilitation programs. A systematic review. *Int J Cardiol [Internet].* 2016;223:436–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.08.120>
 64. Roca-Rodríguez MM, García-Almeida JM, Ruiz-Nava J, Alcaide-Torres J, Saracho-Domínguez H, Rioja-Vázquez R, et al. Impact of an outpatient cardiac rehabilitation program on clinical and analytical variables in cardiovascular disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2014;34(1):43–8.
 65. Turk-Adawi K, Sarrafzadegan N, Grace SL. Global availability of cardiac rehabilitation. *Nat Rev Cardiol [Internet].* 2014;11(10):586–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrcardio.2014.98>
 66. Pouche M, Ruidavets JB, Ferrières J, Iliou MC, Douard H, Lorgis L, et al. Cardiac rehabilitation and 5-year mortality after acute coronary syndromes: The 2005 French FAST-MI study. *Arch Cardiovasc Dis [Internet].* 2016;109(3):178–87. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.acvd.2015.09.009>
 67. Kureshi F, Kennedy KF, Jones PG, Thomas RJ, Arnold S V., Sharma P, et al. Association between cardiac rehabilitation participation and health status outcomes after acute myocardial infarction. *JAMA Cardiol.* 2016;1(9):980–8.
 68. Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac

- rehabilitation exercise programmes : Is there an international consensus ? *Eur J Prev Cardiol.* 2016;1–19.
69. Baldasseroni S, Pratesi A, Francini S, Pallante R, Barucci R, Orso F, et al. Cardiac Rehabilitation in Very Old Adults: Effect of Baseline Functional Capacity on Treatment Effectiveness. *J Am Geriatr Soc.* 2016;64(8):1640–5.
 70. Hammill BG, Curtis LH, Schulman KA, Whellan DJ. Relationship between cardiac rehabilitation and long-term risks of death and myocardial infarction among elderly medicare beneficiaries. *Circulation.* 2010;121(1):63–70.
 71. Parashar S, Spertus JA, Tang F, Bishop KL, Vaccarino V, Jackson CF, et al. Predictors of early and late enrollment in cardiac rehabilitation, among those referred, after acute myocardial infarction. *Circulation.* 2012;126(13):1587–95.
 72. Flint K, Kennedy K, Arnold S V, Dodson JA, Cresci S, Alexander KP. Slow Gait Speed and Cardiac Rehabilitation Participation in Older Adults After Acute Myocardial Infarction. *J Am Heart Assoc [Internet].* 2018;7(5):1–6. Available from:
<http://jaha.ahajournals.org/lookup/doi/10.1161/JAHA.117.008296>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29478024>
 73. Schopfer DW, Forman DE. Growing Relevance of Cardiac Rehabilitation for an Older Population With Heart Failure. *J Card Fail [Internet].* 2016;22(12):1015–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.10.010>
 74. Schopfer DW, Forman DE. Cardiac Rehabilitation in Older Adults. *Can J Cardiol [Internet].* 2016;32(9):1088–96. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cjca.2016.03.003>
 75. Johnston M, MacDonald K, Manns P, Senaratne M, Rodgers W, Haennel RG. Impact of cardiac rehabilitation on the ability of elderly cardiac patients to perform common household tasks. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2011;31(2):100–4.

76. Socha M, Wronecki K, Sobiech KA. Gender and age-dependent differences in body composition changes in response to cardiac rehabilitation exercise training in patients after coronary artery bypass grafting. *Ann Agric Environ Med*. 2017;24(3):517–21.

Anexos

Anexo 1. Hoja de recolección de datos

Efecto del ejercicio físico en el desempeño funcional, la composición corporal y la fuerza muscular en los adultos mayores al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca del Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología, en el año 2019.							
Instrumento de recolección de datos							
Número de identificación							
Características demográficas							
Edad							
Sexo	Femenino	Masculino					
Estado civil	Soltero	Casado	Viudo	Divorciado	Unión libre		
Escolaridad	Ninguna	Primaria incompleta	Primaria completa	Secundaria incompleta	Secundaria completa	Universidad	Técnica
Domicilio	San José	Alajuela	Heredia	Cartago	Guanacaste	Puntarenas	Limón
Pensión	Sí	No					
Resultados en desempeño funcional							
Distancia recorrida en prueba de 6 minutos	Previo al programa:		Al finalizar el programa:				
Velocidad de la marcha	Previo al programa:		Al finalizar el programa:				
Prueba de levantarse y sentarse cinco veces	Previo al programa:		Al finalizar el programa:				
Prueba corta de desempeño	Previo al programa:		Al finalizar el programa:				
Número de sesiones							

Resultados en la composición corporal					
Índice de Masa Corporal (IMC)	Previo al programa:		Al finalizar el programa:		
Porcentaje de masa grasa corporal	Previo al programa:		Al finalizar el programa:		
Porcentaje de masa muscular corporal	Previo al programa:		Al finalizar el programa:		
Nivel de vitamina D					
Resultado en la fuerza muscular					
Dinamometría manual	Previo al programa:		Al finalizar el programa		

Anexo 2. Hoja de aprobación de filología

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 12 de diciembre del 2019

Señores
Universidad de Costa Rica
Sistema de Estudios de Posgrado
Presente

Estimados señores:

Por este medio yo, Jorge Alfonso Arias Vega, mayor, casado, profesor de Español, incorporado al Colegio de Licenciados y Profesores en Ciencias, Artes, Letras y Filosofía, carné 10018, vecino de Ipís, portador de la cédula de identidad 2-300-831, hago constar:

- 1- Que he revisado el Proyecto de Graduación para optar por el grado y título de Médico Especialista en Geriátría y Gerontología, denominado: **Efecto del ejercicio físico en el desempeño funcional, la composición corporal y la fuerza muscular en los adultos mayores al finalizar el programa de rehabilitación cardíaca del Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología, en el año 2019**
- 2- Que el trabajo final de graduación es sustentado por el estudiante: Cordero Cordero José Miguel.
- 3- Que se le han hecho las correcciones pertinentes en acentuación, ortografía, puntuación, concordancia gramatical y otras del campo filológico.

En espera de que mi participación satisfaga los requerimientos de la Universidad de Costa Rica, se suscribe atentamente



Lic. Jorge Alfonso Arias Vega

Licenciado en Filología Española

Carné 11018