

Universidad Nacional - Universidad de Costa Rica

Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano

Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida - Escuela de Educación Física y Deportes

TESIS

**EFFECTO CRÓNICO DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS CONTRA
RESISTENCIA SOBRE LA MASA Y LA FUERZA MUSCULAR, LA FUNCIÓN
FÍSICA, LA COGNICIÓN Y EL FACTOR DE CRECIMIENTO INSULÍNICO
TIPO I DE MUJERES ADULTAS MAYORES**

Doctorando:

Luis C. Solano Mora

Ph.D. José Moncada Jiménez – Tutor

Ph.D. Andrea Solera Herrera – Lectora

Ph.D. Mónica Salazar Villanea – Lectora

2019

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Ph.D. Caterina Guzmán Verri
Representante del Consejo Central de Posgrado, Universidad Nacional

Ph.D. Pedro Carazo Vargas
Representante del Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica

Ph.D. Judith Jiménez Díaz
Coordinador del posgrado o su representante

Ph.D. José Moncada Jiménez
Tutor de tesis

Ph.D. Andrea Solera Herrera
Miembro del Comité Asesor

Ph.D. Mónica Salazar Villanea
Miembro del Comité Asesor

Luis Carlos Solano Mora
Sustentante

1. Agradecimientos

En primera instancia quiero agradecer al Gran Jefe por haberme permitido el placer de obtener el título de Doctor y por brindarme la paciencia en los momentos más complicados del mismo para poder culminar con éxito este proceso, a mis padres María Virginia Mora Rojas y Carlos Eduardo Solano Álvarez por todo su apoyo y consejos durante toda mi vida y al Creador por el tiempo que me los ha dado y a mi hijo José Pablo Solano Mora, fuente de mi diaria inspiración, luz de mis ojos, motor que me empuja día con día y a toda mi familia en general por el soporte que me brindaron.

A mi ángel de la guarda, luz, apoyo incondicional y motivación en Barcelona, la jefa Ph.D., Dra. Miriam Guerra-Balic... Miriam le agradezco al Gran Jefe por haberme puesto en Barcelona y conocerte, a todo el personal y a mis compañeros de posgrado de la Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport, Blanquerna, Universitat Ramon Llull, infinitas las gracias por mis mejores cuatro meses.

Al personal del Programa CIDISAD, M.Sc. Randall Gutiérrez Vargas, M.Sc. Alexis Ugalde, al M.Sc. Daniel Rojas, al de PROCESA, M.Sc. José Andrés Trejos, al Dr. Omar Rodríguez Jaén, al de CEDERSA M.Sc. Juan Carlos Gutiérrez Vargas, Kevin Cordero Duarte e Inmanuel Cruz Fuentes, a los administrativos Marcela Arce, Alejandra González, Arellys Oviedo, Ariana Motalván y Steve Monge por sus gestiones y trámites, a las compañeras de la Biblioteca Clemencia Conejo de CIEMHCAVI Norma García, Damaris Arrieta y Lady Peña por el soporte con el material bibliográfico para la tesis, al director actual de CIEMHCAVI, Dr. Braulio Sánchez Ureña y al anterior M.Sc. Luis Blanco Romero también por su apoyo y gestión. Un reconocimiento especial al Programa INCIEMOSA por brindarme mucho del soporte económico para la elaboración de esta tesis.

Un agradecimiento también a la Junta de Jubilados del Colegio de Licenciados y Profesores de Costa Rica (COLYPRO), al personal del Gimnasio de COLYPRO en Río Segundo de Alajuela, así como a su Junta Directiva y al sector administrativo por el apoyo al desarrollo de la tesis y, por supuesto, a todas las participantes de mi proyecto de tesis que se mantuvieron incondicionalmente hasta el final, les estaré eternamente agradecido.

Al M.Sc. Gerardo Araya Vargas por toda su asesoría y apoyo en estadística e investigación...Dios me permita poderte retribuir en un futuro todo el apoyo incondicional que me has dado en todos estos años.

Al profesor M.Sc. Christian Azofeifa por toda su asesoría en el entrenamiento contraresistencia, al Lic. William Cabrera Alpízar y a los estudiantes Marco Antonio Mora Chévez y Alexis Ugalde Sánchez por su asesoría, implementación y supervisión de todas las sesiones y evaluaciones efectuadas con las señoras adultas mayores en COLYPRO, ustedes son un claro ejemplo del trabajo abnegado, el profesionalismo y preparación, dejaron muy en alto el nombre de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida.

Al psicólogo Lic. Allan Ruiz y las microbiólogas Licda. Ruth Arce, Licda. Stephanie Hara y Licda. Sofía Castro por su apoyo en las evaluaciones específicas de su área y al estadístico M.Ed. Jairo Jiménez Torres de la Sede Regional Chorotega, Campus Nicoya de la Universidad Nacional por toda la asesoría estadística durante todo el doctorado...Jairón bendiciones infinitas!!!!

A todos mis compañeros del Programa MOVI quienes me apoyaron en todo momento, Josué Monge, Jasydyg Valverde, Licda. Jacqueline Araya, Licda. Oky García, Bach. Franscini Rodríguez, Jaxel Coronado y a los profesores M.Sc. Diego Rodríguez y Máster Luis Rojas en sus gestiones y colaboración con el programa ¡¡¡¡POR SIEMPRE LES ESTARÉ AGRADECIDO!!!!

A mi mejor amigo Lic. Erick Jaubert Vincenzi, y a otro círculo muy particular de amigos, M.Sc. Edgar Murillo Campos "Belén", M.Sc. Gabriela Dörries Gigirey y M.Sc. Perssis Sheik Graves, sus espíritus y personalidades 100% positivas me socorrieron y ayudaron en los momentos más oscuros y difíciles de este proceso.

Al Comité Ético Científico de la UNA y a la Junta de Becas por todas sus gestiones para con el avance de mi proyecto de tesis y trámites del doctorado en general.

A los profesores que nos prepararon y formaron en todo este proceso del doctorado y a mis compañeros de esta primera generación del Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano, me siento muy honrado de haber compartido con todos y cada uno de ustedes en todo este tiempo.

Finalmente, un agradecimiento muy especial para mi comité de tesis, las lectoras Ph.D. Andrea Solera Herrera y Ph.D. Mónica Salazar Villanea quienes me asesoraron en todas las fases de la tesis, sus consejos y enfoques oportunos fueron claves para la elaboración y finalización de la misma y sobre todo a mi tutor Ph.D. José Moncada Jiménez, por toda su dedicación, entrega, esmero y profesionalismo y sobre todo, por exigirme más allá del cansancio, límite y tolerancia para poder obtener un documento de este calibre. A todos ustedes, su constante motivación me puso en este sitio...¡¡¡¡INFINITAS LAS GRACIAS!!!!

2.Dedicatoria

Dedico esta tesis al Gran Jefe, creador y dador de vida, a mis padres, a mi hijo y a toda mi familia, las personas adultas mayores que participaron en la tesis y a todos los demás que me han permitido llegar hasta estas esferas de perfeccionamiento intelectual y académico.

Del mismo modo, nuevamente al Gran Jefe por permitirme tener el honor, privilegio y dicha de haberme puesto hace 15 años en mi casa, la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, y por supuesto a la institución que me brindó la oportunidad de alcanzar el mayor nivel de perfeccionamiento profesional, la Universidad Nacional, la Universidad necesaria.

3.Tabla de contenidos

1.	Agradecimientos.....	3
2.	Dedicatoria	6
3.	Tabla de contenidos.....	7
4.	Resumen y Abstract	12
	Resumen.....	13
	Abstract	14
5.	Marco Teórico.....	15
5.1.	Persona adulta mayor	16
5.2.	El fenómeno del envejecimiento	17
5.3.	Cognición y envejecimiento.....	20
5.3.1.	Concepto de cognición y su relación con el envejecimiento.....	20
5.3.2.	Plasticidad cerebral	23
5.4.	Elementos anatómicos y fisiológicos del Sistema Nervioso Central	26
5.4.1.	Aspectos anatómicos del Sistema Nervioso Central	26
5.4.2.	Los impulsos nerviosos	29
5.4.3.	Etiología de las alteraciones cognitivas.....	31
5.4.4.	Evaluación de la cognición.....	32
5.5.	Estructura y función del músculo esquelético.....	34
5.5.1.	Estructura del músculo esquelético	34
5.5.2.	Función del músculo esquelético	38
5.5.3.	Tipo de fibra muscular	41
5.5.4.	Entrenamiento contra resistencia.....	44
5.5.4.1.	Prescripción del entrenamiento contraresistencia	48
5.6.	Deterioro muscular.....	51
5.6.1.	Dimensión del deterioro muscular en el envejecimiento	51
5.6.2.	Etiología y fisiología de la sarcopenia	54
5.6.3.	Evaluación.....	59
5.7.	Ejercicio, actividad física, deterioro muscular y cognición: interrelación	63
5.7.1.	Ejercicio, actividad física y cognición	64
5.7.2.	Ejercicio físico, actividad física y deterioro muscular	68
5.7.3.	Ejercicio, cognición y deterioro muscular: Conexiones.....	70
6.	Objetivos e Hipótesis	73
6.1.	Objetivos	74

6.1.1.	Objetivo Principal	74
6.1.2.	Objetivos Secundarios.....	74
6.2.	Hipótesis.....	74
7.	Metodología	76
7.1.	Diseño del estudio	77
7.2.	Participantes	77
7.3.	Instrumentos de Medición.....	77
7.3.1.	Pruebas de estructura y funcionamiento muscular	78
7.3.1.1.	Masa intramuscular libre de grasa.....	78
7.3.1.2.	Fuerza muscular	78
7.3.1.3.	Grosor Muscular.....	79
7.3.1.4.	Calidad Muscular	80
7.3.2.	Pruebas físicas funcionales.....	81
7.3.2.1.	Prueba de levantarse y sentarse durante 30 s	81
7.3.2.2.	Prueba de agilidad	82
7.3.3.	Pruebas cognitivas.....	82
7.3.3.1.	Memoria de corto plazo.....	83
7.3.3.2.	Velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental	83
7.3.3.3.	Memoria de trabajo	84
7.3.4.	Prueba bioquímica sanguínea.....	84
7.3.4.1.	Factor de crecimiento insulínico tipo I.....	84
7.4.	Procedimientos	85
4.1.	Análisis Estadístico	87
8.	Resultados	89
8.1.	Descripción de las participantes.....	90
8.2.	Funcionamiento muscular	91
8.2.1.	Masa intramuscular libre de grasa.....	92
8.2.2.	Fuerza muscular	93
8.2.3.	Grosor muscular	100
8.2.4.	Calidad muscular.....	102
8.3.	Capacidad física funcional	103
8.3.1.	Levantarse y sentarse durante 30 s	103
8.3.2.	Agilidad.....	104

8.4.	Cognición	105
8.4.1.	Memoria a corto plazo.....	107
8.4.2.	Memoria de trabajo	108
8.4.3.	Velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental	110
8.5.	Prueba bioquímica sanguínea.....	112
8.5.1.	Factor de crecimiento insulínico tipo I.....	112
9.	Discusión.....	114
9.1.	Pruebas de estructura y funcionamiento muscular	115
9.1.1.	Masa intramuscular libre de grasa.....	116
9.1.2.	Fuerza muscular	118
9.1.3.	Grosor muscular	124
9.1.4.	Calidad muscular.....	128
9.2.	Habilidades físicas funcionales	131
9.2.1.	Levantarse y sentarse durante 30 s	133
9.2.2.	Agilidad.....	137
9.3.	Rendimiento Cognitivo	139
9.3.1.	Memoria de corto plazo.....	141
9.3.2.	Velocidad psicomotora y atención y flexibilidad mental	143
9.3.3.	Memoria de trabajo	146
9.4.	Bioquímica sanguínea	148
9.4.1.	Factor de crecimiento insulínico tipo I.....	148
9.5.	Integración de los hallazgos	150
10.	Conclusiones	152
11.	Recomendaciones.....	155
12.	Limitaciones.....	157
13.	Referencias.....	159
14.	Anexos.....	182
14.1.	Anexo 1: Permiso del Ministerio de Salud como Estudiante Investigador	183
14.2.	Anexo 2: Aprobación del Comité de Ética.....	184
14.3.	Anexo 3: Consentimiento informado	187
14.4.	Anexo 4: Producción académica durante el programa de doctorado	195

4. Resumen y Abstract

Resumen

Propósito: Determinar cuál es el efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la masa y la fuerza muscular, la función física, la cognición y el factor de crecimiento insulínico tipo I de mujeres adultas mayores.

Metodología: Participaron 26 mujeres adultas mayores jubiladas entre los 65 y los 80 años, quienes fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos (Control n = 14, Edad = 68.79 ± 3.7 años; Experimental n = 12, Edad = 69.29 ± 2.52 años). Para evaluar la estructura y funcionamiento muscular, se evaluaron la masa intramuscular libre de grasa (MILG), fuerza muscular con el método de 8 RM (para los ejercicios de extensión y flexión de rodillas, aducción y abducción de caderas, press de pecho sentado, remo espalda sentado y press de piernas), grosor muscular (vasto lateral, vasto medial, vasto interno, recto femoral) y calidad muscular. Asimismo, se midieron la prueba de levantarse y sentarse en 30 s y la prueba de agilidad para evaluar la función física. Con respecto a las pruebas cognitivas, se evaluaron la memoria a corto plazo, la memoria de trabajo, la velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental; finalmente se evaluó el factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I). Las participantes del grupo control realizaron ejercicios de stretching y Tai Chi, y las del grupo experimental realizaron ejercicios contraresistencia. Ambos grupos trabajaron 2 veces/semana, 40 min por sesión, durante 8 semanas. El grupo experimental se ejercitó a un 70% de 8 RM. Al inicio del programa (semana 1) y al final del mismo (semana 8), a todas las participantes se les realizaron mediciones de todos los test establecidos previamente, solo al grupo experimental se le evaluó otra vez las pruebas de fuerza a la mitad del programa (semana 4) para ajustar las cargas de trabajo. Se obtuvieron las estadísticas descriptivas ($M \pm DE$) y se calcularon pruebas de ANOVA de 2 (grupos) x 2 (mediciones) para las variables demográficas y antropométricas, musculares, pruebas físicas funcionales, pruebas cognitivas e IGF-I. Se realizaron análisis post-hoc de efectos simples cuando las interacciones de las pruebas de ANOVA fueron significativas a $p < 0.05$.

Resultados: Se hallaron diferencias significativas entre el pretest y el posttest en la fuerza de extensión (experimental) y flexión de rodillas (experimental y control), press de pecho (experimental), aducción de caderas (experimental), espalda (experimental) y press de piernas (experimental y control), en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad (experimental) y la flexibilidad mental (experimental) (todas las $p < 0.05$).

Conclusión: El entrenamiento contraresistencia mejoró la fuerza muscular, la funcionalidad, y la flexibilidad mental de adultas mayores en comparación con el grupo control. El cambio positivo en la flexibilidad mental es un hallazgo relevante debido a la escasa cantidad de estudios en adultas mayores. Otro hallazgo relevante fue el aumento de la concentración de IGF-I en ambos grupos de estudio luego de 8 semanas de realizar actividad física y entrenamiento. Este aumento es beneficioso para las adultas mayores debido a la demostrada importancia de los factores de crecimiento para la salud cerebral.

Palabras claves: ejercicio físico, funcionalidad, cognición, factor de crecimiento, envejecimiento

The chronic effect of resistance training on muscle mass and strength, physical function, cognition and insulin-like growth factor I of elderly women

Abstract

Purpose: To determine the chronic effect of a resistance training program on muscle mass and strength, physical function, cognition and insulin-like growth factor I of elderly women

Methods: Twenty-six retired older adult women between 65 and 80 yr. were randomly assigned to two groups (Control, n = 14, Age = 68.79 ± 3.7 yr.; Experimental, n = 12, Age = 69.29 ± 2.52 yr.). Assessments included fat-free intramuscular mass (FFIM), muscle strength evaluated using the 8 RM method (knee extension and flexion exercises, hip adduction and abduction, seated chest press, rowing back sitting and leg press), muscle thickness (vast lateral, vast medial, vast internal, rectus femoris) and muscular quality. The chair-rise test in 30-s and an agility test to assess physical function were also measured. Cognitive evaluation included the short-term memory, working memory, psychomotor speed, attention and mental flexibility. Insulin-like growth factor I (IGF-I) was also evaluated. Participants in the control group performed stretching and Tai Chi exercises, and those in the experimental group performed resistance exercises. Both groups attended 2 times/week, 40 min per session, for 8 weeks. The experimental group exercised at 70% of 8 RM. At the beginning of the program (week 1) and at the end of the program (week 8), all participants were tested for all previously mentioned tests, only the experimental group was evaluated again for strength in the middle of the program (week 4) to adjust workloads. Descriptive statistics ($M \pm SD$) were obtained and ANOVA tests of 2 (groups) x 2 (measurements) were calculated for demographic and anthropometric, muscular variables, functional physical tests, cognitive tests and IGF-I. Tukey's follow-up analysis were done when ANOVA interactions were significant at $p < 0.05$.

Results: Significant differences were found in extension strength (experimental) and knee flexion (experimental and control), chest press (experimental), hip adduction (experimental), back (experimental) and leg press (experimental and control), in the ability to get up and sit from a chair and agility (experimental) and mental flexibility (experimental) ($p \leq 0.05$ for all).

Conclusion: A resistance training program improved muscle strength, functionality, and mental flexibility in women older adults compared to the control group. The positive change in mental flexibility is a relevant finding due to the small number of studies in older adults. Another relevant finding was the increase in the concentration of IGF-I in both study groups after 8 weeks of physical activity and training. This increase is beneficial for older adults due to the proven importance of growth factors for brain health.

Key words: physical exercise, functionality, cognition, growth factor, aging

5. Marco Teórico

5.1. Persona adulta mayor

El término “persona adulta mayor” (PAM) presenta una serie de particularidades, pues depende muchas veces de cada país e incluso de las variables de análisis de algún estudio en particular o área de especialidad (Arai, Akishita, & Chen, 2014; Shephard, 1997; Spirduso, Francis, & MacRae, 2005b). A pesar de esto, el término pareciera enfocarse generalmente en personas mayores de 65 años (World Health Organization, 2010).

Spirduso et al. (2005b), clasifican como adultos de mediana edad a todos aquellos que tienen entre 45 y 64 años de edad (“middle-aged adult”), PAM jóvenes los que poseen entre 65 y 74 años (“young-old”), PAM quienes están entre los 75 y los 84 años de edad (“old”), PAM muy mayores a quienes tienen entre 85 y 99 años de edad (“old-old”) y como PAM más mayores de todos (“oldest-old”) a quienes tienen 100 o más años de edad. Por su parte, Rikli y Jones (2013e), en su clasificación para las normas de aptitud física para PAM inician sus rangos a partir de los 60 años de edad y con un aumento quinquenal progresivo de los rangos de edad; es decir, 60 - 64 años, 65 - 69 años, y así sucesivamente hasta llegar a más de 90 años.

Por otra parte, Bamidis et al. (2014) consideran a las PAM como aquellas personas mayores de 60 años a las que se les van a dirigir los programas de intervención, pero Colcombe y Kramer (2003), establecieron en su meta-análisis categorías parecidas a las de Spirduso et al. (2005b), a saber: a) adultos mayores jóvenes entre los 55 y los 65 años de edad (“young-old”), b) adultos mayores de mediana edad entre los 66 y los 70 años de edad (“middle-old”), y c) adultos “más mayores” de 71 o más años de edad (“old-old”).

Shephard (1997), también aporta una clasificación similar a la de Spirduso et al. (2005b), indicando la mediana edad (“middle age”) como el rango que va de los 40 a los 65

años de edad, la edad mayor (“old age”) que va de los 65 a los 75 años de edad, la “edad muy mayor” (“very old age”) que va de los 75 a los 85 años, y la “edad más mayor de todas” que ubica a quienes tienen más de 85 años. Leenders (2009), exceptuando el rango de los 40 a los 65 años, mantiene la misma clasificación de Shephard (1997).

Por el contrario, Fernández y Robles (2008) y la World Health Organization (2010), conceptualizan a las PAM como todas aquellas mayores de 65 años. Para efectos de la presente investigación, se usó la clasificación aportada por Fernández y Robles (2008) que es la que está establecida actualmente en Costa Rica con base en lo reportado en el “I Informe estado de la situación de la persona adulta mayor en Costa Rica” y la de la World Health Organization (2010), es decir, personas mayores de 65 años de edad.

5.2. El fenómeno del envejecimiento

Desde el siglo XX, la población de PAM mayores de 65 años ha aumentado gradualmente en el mundo. Solo en los Estados Unidos, a finales del año 2010 la población de PAM creció ~200%, para un equivalente de un 12% del total de la población, pero para el 2030 se estima que aumente a un 20% (Leenders, 2009). Este comportamiento de la población fue descrito por Shephard (1997) y Spirduso et al. (2005b) como la inversión o rectangularización de la pirámide poblacional; es decir, cuando ocurren menos nacimientos y además se presenta un aumento en la esperanza de vida.

Estos cambios en la pirámide poblacional reúnen aspectos como la prevalencia de las enfermedades crónicas, ya que está claramente establecido que a mayor edad incrementan las enfermedades crónicas y el deterioro funcional. Más del 50% de las PAM presentan al menos un tipo de discapacidad y varias enfermedades crónicas (Leenders, 2009). El problema

es que todas estas enfermedades conllevan grandes gastos en inversión pública para poder ser atendidos; así, para el año 2002 los gastos en atenciones en salud para las PAM representaron más del 40% de esos gastos totales (Leenders, 2009).

La capacidad para desenvolverse con independencia funcional es de vital importancia para una calidad de vida óptima en cualquier edad; sin embargo, esta independencia va a estar condicionada por factores como el envejecimiento, que poco a poco la disminuirán (Cederholm et al., 2011). El deterioro en la salud general y la movilidad física inciden negativamente en la capacidad de las PAM para realizar actividades básicas de la vida diaria (ABVD) (Leenders, 2009). El deterioro físico y cognitivo que sobreviene con el envejecimiento planteará grandes consideraciones a los sistemas de salud pública de todos los países, pues la población actual de PAM va a crecer en gran medida en los próximos años producto de una disminución en las tasas de natalidad y el aumento en la esperanza de vida al nacer (Bamidis et al., 2014). Estos procesos de deterioro están condicionados por factores tales como la genética, el medio ambiente y el sedentarismo; sin embargo, también existen factores diferenciadores aún entre los mismos grupos etarios que hacen que el segmento de las PAM sea muy heterogéneo, lo que a futuro condicionará el proceso de envejecimiento (Leenders, 2009).

Entonces, ¿qué es el envejecimiento? El envejecimiento se define como los procesos que ocurren en todos los organismos y que a lo largo del tiempo van a producir una pérdida en la capacidad de adaptación de esos organismos, que a su vez generarán conforme pasa más tiempo deterioros funcionales hasta llegar finalmente a la muerte (Mahncke, Bronstone, & Merzenich, 2006; Spirduso et al., 2005b). Stein y Moritz (1999), conceptualizan el envejecimiento como todos aquellos procesos que producen cambios de manera paulatina en las estructuras sociales, biológicas y psicológicas de las personas.

Spiriduso et al. (2005b), describen dos tipos de envejecimiento: a) el envejecimiento primario, que se refiere a todos aquellos cambios que están relacionados con la edad pero que no son dependientes del ambiente ni de algún proceso patológico, y b) el envejecimiento secundario, referido a todos aquellos cambios que ocurren por sintomatología clínica y se ven moldeados por el ambiente y las enfermedades. Esto muestra que los procesos no acontecen de la misma forma en todas las PAM; de este modo, adultos mayores con edades similares pueden presentar deterioros físicos y mentales muy diferentes (Etnier & Landers, 1997). Sin embargo, se ha demostrado que el envejecimiento llega a producir cambios cerebrales y cognitivos que condicionan la capacidad e independencia funcional de las PAM (Bamidis et al., 2014; Gregory, Parker, & Thompson, 2012; Lustig, Shah, Seidler, & Reuter-Lorenz, 2009; Van Boxtel et al., 1997).

El deterioro asociado al envejecimiento también alcanza al sistema músculo esquelético. Por ejemplo, Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, y Kjær (2010), consideran que el envejecimiento produce una pérdida progresiva importante de unidades motoras junto con un daño en la capacidad de generar derivaciones axonales, lo que produce una pérdida paulatina de las placas motoras terminales, una pérdida acelerada de fibras musculares, y eventualmente, una reducción en las contracciones musculares necesarias para realizar diferentes tareas, como por ejemplo, caminar o simplemente mantener el equilibrio. Los mismos autores en sus análisis sobre estudios realizados con modelos animales de edad avanzada, hallaron que las muestras de músculo esquelético mostraban pérdida de fibras musculares y atrofia en las fibras musculares existentes, lo que se conoce como sarcopenia.

Algunos estudios muestran una pérdida considerable de materia gris, materia blanca y de corteza cerebral en rangos de edades que van desde los 20-30 años hasta los 90 años (Allen, Bruss, Brown, & Damasio, 2005; Jernigan et al., 2001), y entre los 58 y los 95 años

(C. D. Smith, Chebrolu, Wekstein, Schmitt, & Markesbery, 2007). También se ha observado que el envejecimiento produce un deterioro en la regulación de los genes (Barns et al., 2014).

5.3. Cognición y envejecimiento

5.3.1. Concepto de cognición y su relación con el envejecimiento

La cognición es un concepto complejo de definir. Por una parte, se define como una serie de procesos que están presentes en casi todas las acciones humanas y que buscan ver el cómo analiza y se comporta una persona en el mundo en el que se desenvuelve (Fernandez & Goldberg, 2009). Por otra parte, se le define como el proceso de conocer, que involucra el conocimiento y el juicio (Sherwood, 2011c). Un concepto más reciente, el envejecimiento cognitivo, se refiere a todos aquellos efectos que se generan como producto del envejecimiento en las funciones motoras, cognitivas y sensoriales (Greenwood & Parasuraman, 2012a).

En la edad adulta, los múltiples eventos ambientales que requieren acciones sensoriales específicas son necesarios para que los procesos cognitivos sean eficientes; sin embargo, está demostrado que conforme se envejece se disminuyen los estímulos ambientales producto de una pérdida de interacción con el mismo ambiente, lo que afecta directamente al cerebro y termina produciendo el declive cognitivo, el declive funcional y el deterioro (Brum, Forlenza, & Yassuda, 2009; Buracchio, Dodge, Howieson, Wasserman, & Kaye, 2010; Erickson et al., 2014; Mahncke et al., 2006). Es posible que el declive cognitivo y funcional estimulen la progresión simultánea uno del otro, así como generar deterioros en la calidad de vida y elevar el riesgo de desarrollar enfermedades degenerativas tales como la demencia (Black & Rush, 2002; Buracchio et al., 2010; Rubin et al., 1998).

Erickson y Kramer (2009) y Hedden y Gabrieli (2004), plantean que durante el envejecimiento pueden experimentarse cambios estructurales y funcionales negativos en el tejido cerebral, en la corteza pre frontal, en la región del lóbulo temporal medial y también en la materia blanca. Burke y Barnes (2006), indicaron que los procesos que producen la plasticidad pueden tener impacto en la cognición; sin embargo, al envejecer empiezan a generar problemas; específicamente, mencionan que los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje, en la memoria y en las funciones ejecutivas llegan a mostrar signos de deterioro durante el envejecimiento.

En el ambiente clínico es crucial ser capaces de detectar estos cambios, pues un estudio realizado por Bolanzadeh et al. (2015) determinó que los eventos clínicos que están relacionados con la manifestación de una enfermedad degenerativa como la demencia, pueden presentarse años antes de que inicie la enfermedad. Si bien todo esto muestra que durante el envejecimiento se activan procesos de deterioro cognitivo o plasticidad negativa que tienden debilitar y degradar al cerebro, también otros hallazgos indican que se pueden activar otra serie de eventos que tienden a incrementar la funcionalidad del cerebro a través de procesos de mejoría y de optimización conocidos como plasticidad positiva (Bamidis et al., 2014; Mahncke et al., 2006). Se ha observado que aunque la plasticidad cerebral disminuye la velocidad de formación de nuevas redes neuronales en la vejez, este proceso no se detiene ni siquiera en las PAM (Erickson, Gildengers, & Butters, 2013; McArdle, Katch, & Katch, 2015b). De este modo, la plasticidad cerebral positiva es probablemente la base de todos los mecanismos de adaptación para aprender nuevas percepciones y destrezas (Mahncke et al., 2006).

Cabeza, Anderson, Locantore, y McIntosh (2002) y Greenwood y Parasuraman (2012b), indican que el envejecimiento cognitivo ni es universal ni inevitable, pues

justamente factores tales como la plasticidad cerebral permiten que las PAM puedan tener puntajes en distintos test cognitivos no solo mejores que sus pares etarios, sino tan buenos e incluso mejores que las personas jóvenes, y que si bien, las PAM presentan un menor desempeño en la mayoría de variables cognitivas con respecto a la gente joven, también se ha probado que existen grandes diferencias en el nivel cognitivo de las personas conforme envejecen.

Las estructuras como el hipocampo y los circuitos neocorticales son muy sensibles al deterioro cognitivo. De este modo, todas aquellas actividades (e.g., ejercicio físico) dirigidas a aumentar la función cognitiva y disminuir la atrofia de las estructuras cerebrales, son las que pueden mitigar y evitar el deterioro neurológico, cognitivo y los cambios funcionales y estructurales del cerebro relacionados con la edad (Bamidis et al., 2014; Colcombe & Kramer, 2003; Colcombe et al., 2004; Cotman, Berchtold, & Christie, 2007; Erickson et al., 2013; Erickson, Hillman, & Kramer, 2015; Gregory et al., 2012).

El caso del hipocampo es de vital interés pues es una de las zonas más importantes para que el cerebro se pueda desempeñar más eficientemente, no solo porque es considerada la zona crítica para la formación de la memoria, sino también porque es una de las pocas zonas reconocidas donde se produce la neurogénesis (Erickson et al., 2013; Erickson et al., 2010; Eriksson et al., 1998; Fuchs & Flügge, 2014; Gligoroska & Manchevska, 2012). Por lo tanto, la detección temprana del deterioro cognitivo y funcional permitirán seleccionar a tiempo las estrategias de intervención para tratar adecuadamente a las PAM (Bolanzadeh et al., 2015; Buracchio et al., 2010).

5.3.2. Plasticidad cerebral

Para profundizar los análisis alrededor de la cognición, es importante considerar algunos términos que están intrínsecamente relacionados: a) neurogénesis, b) neuroplasticidad o plasticidad neuronal, y c) plasticidad cognitiva. Primero, la neurogénesis se define como la habilidad que posee el organismo para generar nuevas neuronas y conexiones entre éstas durante toda la vida. Segundo, la neuroplasticidad o plasticidad neuronal es la capacidad que posee el cerebro para cambiar y reconectarse a sí mismo a nivel neuronal debido a la estimulación que le brindan el aprendizaje, las experiencias en la vida, la actividad física y el ejercicio físico. Finalmente, la plasticidad cognitiva se refiere a todos aquellos cambios que ocurren en el transcurso del envejecimiento en los patrones de la conducta de las personas (Cavanaugh & Blanchard-Fields, 2011; Erickson et al., 2015; Erickson & Kramer, 2009; Erickson et al., 2014; Fernandez & Goldberg, 2009; Fuchs & Flügge, 2014; Greenwood & Parasuraman, 2010, 2012b; Mahncke et al., 2006).

Estos tres aspectos intervienen en la plasticidad cerebral, la cual se define como la habilidad que posee el cerebro para modificarse y realizar ajustes físicos (celulares y sinápticos) y funcionales durante toda la vida en respuesta a los estímulos del medio ambiente. Justamente hay actividades como el ejercicio físico y el entrenamiento cognitivo que inciden positivamente en la plasticidad cerebral (Bherer, 2015; Cotman & Berchtold, 2002; Ding, Vaynman, Akhavan, Ying, & Gomez-Pinilla, 2006; Erickson et al., 2013; Erickson et al., 2014; Fuchs & Flügge, 2014; Greenwood, 2007; Jiménez-Maldonado, Rentería, García-Suárez, Moncada-Jiménez, & Freire-Royes, 2018). Estas actividades inducen la secreción de sustancias moduladoras como el Factor de Crecimiento Insulínico Tipo I (IGF-I) y el Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF) y son capaces de

disminuir la atrofia cortical, factores cruciales para la plasticidad cerebral (Ding et al., 2006; Erickson et al., 2013). Así, esos factores mantienen la plasticidad cerebral durante el envejecimiento (Greenwood & Parasuraman, 2012d), pues interactúan para mantener el rendimiento cognitivo (Figura 1):

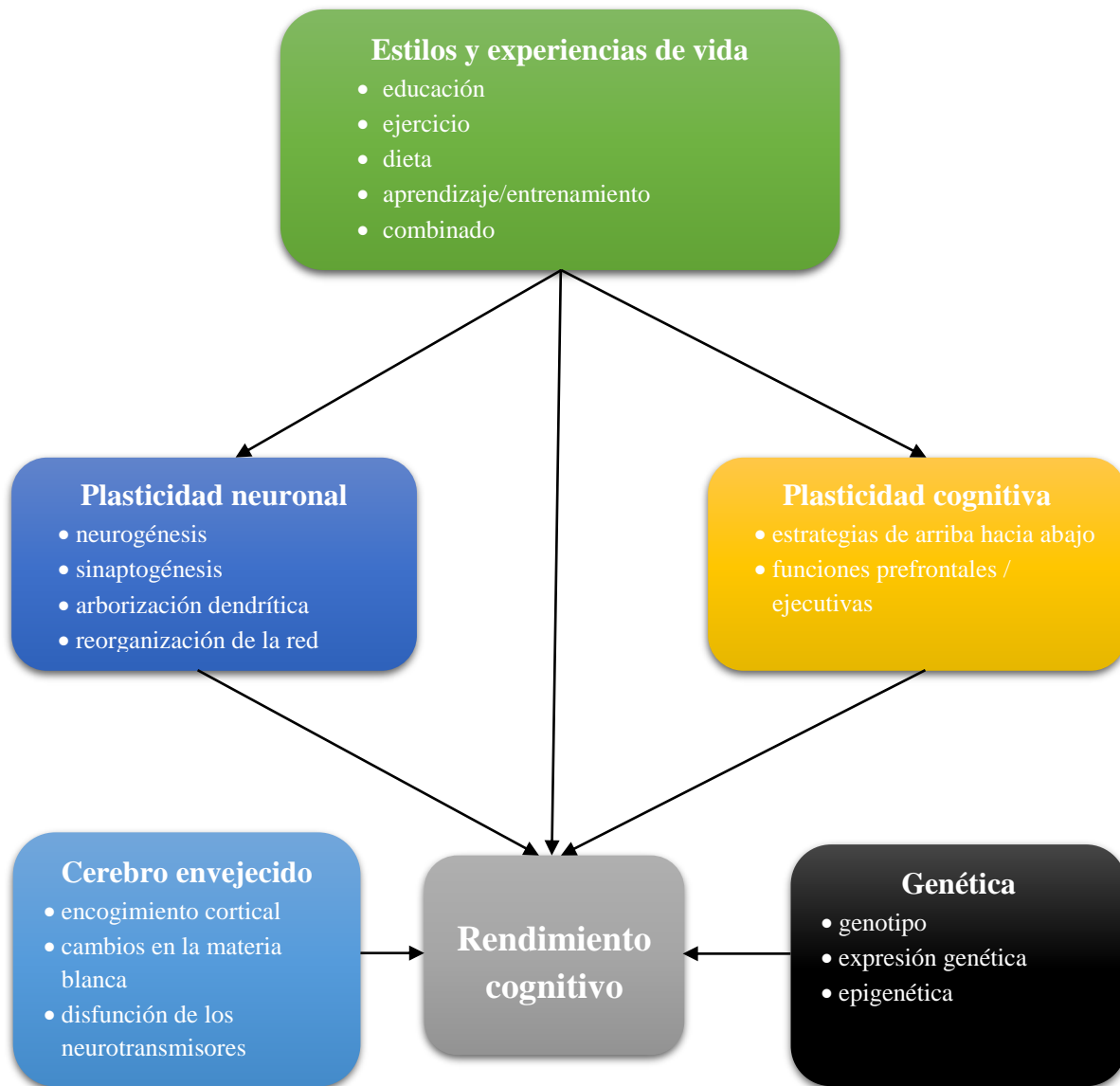


Figura 1. Diagrama de la red que explica cómo los factores ambientales y de la experiencia de vida pueden interactuar para disminuir el envejecimiento cognitivo (Traducido al español con permiso de The MIT Press, de la figura aparecida en el libro *Nurturing the Older Brain and Mind*, editado por Greenwood, P.M. y Parasuraman, R. (2012d). Chapter 4: Ameliorating Cognitive Aging, Figure 4.3, p. 63).

Para efectos de la presente investigación, las explicaciones subsecuentes versarán sobre estilos de vida, plasticidad neuronal y plasticidad cognitiva moldeados por el ejercicio. Así, en el caso de la plasticidad neuronal, diversos factores durante el transcurso de la vida hacen que se formen o desaparezcan las sinapsis y las espinas dendríticas (Holtmaat & Svoboda, 2009). De manera general, se ha observado una asociación positiva entre la actividad física y el rendimiento cognitivo (Etnier, Nowell, Landers, & Sibley, 2006). Se han logrado encontrar incrementos en el volumen del hipocampo anterior producto de la práctica del ejercicio aeróbico, que a su vez se relacionaron positivamente con la memoria espacial (Erickson et al., 2011), en la atención selectiva y resolución de conflictos de mujeres adultas mayores que realizaron ejercicios contra resistencia (Fallah et al., 2013).

Otros estudios han mostrado que los estilos de vida saludables como las interacciones sociales, actividades mentales y el ejercicio físico, fomentan la cognición y protegen contra la demencia (Fratiglioni, Paillard-Borg, & Winblad, 2004; Hertzog, Kramer, Wilson, & Lindenberger, 2008). De manera similar, en modelos animales se ha encontrado que ambientes estimulantes produjeron que ratas envejecidas obtuvieran mejorías en la adquisición de memoria espacial al compararlas con ratas envejecidas en ambientes sin estímulos (Frick & Fernandez, 2003).

De los estilos de vida saludables, el ejercicio físico parece tener los mejores efectos a nivel cognitivo, en donde los posibles mecanismos que podrían estar involucrados son el elevando el flujo sanguíneo cerebral, el aumento en la liberación de neurotransmisores y la producción de angiogénesis, neurogénesis y sinaptogénesis (Gligoroska & Manchevska, 2012). Esto es clave en el envejecimiento cognitivo, pues no solo ocurren pérdidas cognitivas sino también existen claras adaptaciones cerebrales asociadas al ejercicio (Greenwood, 2007). De hecho, se ha descrito que los efectos del ejercicio físico son tan potentes que

incluso pueden mejorar la función física y las funciones neurocognitivas en personas con deterioro cognitivo (N. C. L. Hess, Dieberg, McFarlane, & Smart, 2014; Heyn, Abreu, & Ottenbacher, 2004). Más específicamente, hay PAM con deterioro cognitivo que han mostrado cambios positivos similares a las PAM cognitivamente intactas producto de la práctica del ejercicio físico (Heyn, Johnsons, & Kramer, 2008). De las distintas modalidades de ejercicio físico, el aeróbico es el más estudiado y el que ha mostrado mejoras superiores en múltiples factores relacionados con la cognición (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008), y además disminuye el deterioro cognitivo (Hillman, Weiss, Hagberg, & Hatfield, 2002).

5.4. Elementos anatómicos y fisiológicos del Sistema Nervioso Central

5.4.1. Aspectos anatómicos del Sistema Nervioso Central

El sistema nervioso se divide en dos partes: a) Sistema Nervioso Central (SNC) y b) Sistema Nervioso Periférico (SNP) (McArdle et al., 2015b; Powers & Howley, 2012b; Sherwood, 2011c). El SNC se compone del cerebro o encéfalo y la médula espinal. Por su parte, el cerebro se divide a su vez en: a) prosencéfalo, b) tallo cerebral, y c) cerebelo (Johnson & Vandervoort, 2008). El prosencéfalo se subdivide aún más en: a) diencéfalo, que está compuesto por el hipotálamo y el tálamo, y b) telencéfalo, que se compone de los núcleos basales y la corteza cerebral (Sherwood, 2011c). Por otra parte, el SNP está compuesto por la división sensorial o aferente y por la división motora o eferente, que a su vez se subdivide en dos partes, la división motora somática y la división motora autonómica (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008c). Por las características del presente estudio, la investigación se enfocará directamente sobre el cerebro y la división motora somática.

El cerebro se subdivide en: a) corteza cerebral, que está compuesta por los lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital, b) núcleo subcortical, que se compone de los ganglios basales que están formados por el núcleo caudado, el putamen, el núcleo subtalámico y la sustancia negra, y c) materia blanca, que está conformada por grandes cúmulos de axones mielinizados (Johnson & Vandervoort, 2008). Dado que parte del interés de esta investigación se enfoca en la cognición y como la misma se produce desde la corteza cerebral, específicamente desde las neuronas (Kiernan, 2009a), las explicaciones subsecuentes también se referirán a estos elementos.

La corteza cerebral, como se indicó con anterioridad, posee cuatro lóbulos: a) el frontal, que controla la actividad motora consciente o voluntaria, el habla y el pensamiento, b) el parietal, que controla la información sensorial, c) el temporal, encargado de procesar los estímulos auditivos, y d) el occipital, que controla los estímulos visuales (Kiernan, 2009a; Sherwood, 2011c). En la corteza cerebral se halla la materia gris o sustancia gris, en la cual se encuentran las neuronas y las dendritas, mientras que en la materia blanca o sustancia blanca se localizan los axones (Kiernan, 2009b). Las neuronas son las unidades funcionales del sistema nervioso (Silverthorn, 2008). Estas son células altamente especializadas en la emisión y recepción de señales eléctricas y en las comunicaciones rápidas (Kiernan, 2009b), y se conforman de soma, dendritas y axones. En el soma o cuerpo de la célula, se encuentran el núcleo y todas las organelas como las mitocondrias, aparato de Golgi y retículo endoplasmático liso y rugoso, entre otras (Bear, Connors, & Paradiso, 2008a; Calderón-Montero & Legido-Arce, 2006).

Las neuronas poseen membrana celular plasmática o plasmalema, que contiene el citoplasma de la célula (Bear et al., 2008a; Kiernan, 2009b). Además, posee un citoesqueleto

con elongaciones que le permiten su crecimiento, la transmisión de sustancias dentro de estas y le dan su forma típica (Bear et al., 2008a; Calderón-Montero & Legido-Arce, 2006).

Las dendritas y los axones son prolongaciones celulares, con la diferencia de que por las dendritas se reciben las señales (i.e., aferente), mientras que por los axones se envían las señales (i.e., eferente) (Silverthorn, 2008; Wilmore et al., 2008c). Anatómicamente, las dendritas son más cortas y ramificadas que los axones (Kiernan, 2009b), mientras que los axones pueden medir desde menos de 1 mm hasta más de 100 cm (Bear et al., 2008a). Un conjunto de dendritas forman un árbol dendrítico con ramificaciones denominadas ramas dendríticas (Bear et al., 2008a; Greenwood & Parasuraman, 2012c). A su vez, en las ramas dendríticas se encuentran las espinas dendríticas, que son protrusiones que salen de las dendritas y permiten la transmisión de señales a las neuronas. Se ha descrito que estas espinas son extremadamente plásticas, pues se forman y desaparecen todo el tiempo, brindan una base anatómica para que se produzcan las sinapsis y elevan el número de contactos entre las neuronas (Greenwood & Parasuraman, 2012c).

En el caso de los axones, estos dirigen las señales eléctricas eferentes desde el soma hasta la sección terminal del axón (terminal axónica presináptica); produciendo la liberación de neurotransmisores que se encargan de continuar la transmisión de la señal eléctrica hacia otras neuronas o bien otras células diana (Silverthorn, 2008). La terminal axónica es donde ocurre el punto de contacto entre las células o neuronas que permite la transmisión del potencial de acción y es a este punto de contacto al que se le denomina sinapsis (Bear et al., 2008a; Silverthorn, 2008; Wilmore et al., 2008c).

Bear et al. (2008a), indicaron que la capacidad de las sinapsis para realizar las transformaciones de las señales eléctricas en químicas y viceversa, le brinda al cerebro la posibilidad de realizar sus procesos cognitivos. Bamidis et al. (2014), manifestaron que una

de las claves para el mantenimiento o el incremento de la cognición lo producen las nuevas conexiones sinápticas, pues al integrarse a las redes neurales ya establecidas mejoran el rendimiento cognitivo. Todo lo anterior les brinda soporte a los beneficios de una neuroplasticidad incrementada, que producirá a su vez, un efecto positivo sobre el declive cognitivo y el envejecimiento patológico, fomentando así un envejecimiento saludable. De hecho, las sinapsis son tan cruciales para la cognición que un análisis realizado por Hof y Morrison (2004), detalló que en cerebros en los que las neuronas mueren, es poco lo que se puede hacer para volver a restaurar un circuito neural; sin embargo, si este circuito está intacto aún con sinapsis alteradas, los mecanismos que modulan la sinapsis pueden compensar estas alteraciones relacionadas con la edad.

5.4.2. Los impulsos nerviosos

Se conoce como impulso nervioso a la señal o carga eléctrica que se desplaza de una neurona a otra y que llega a un órgano o se desplaza de vuelta al SNC (Wilmore et al., 2008c). Para que los impulsos nerviosos puedan ser transmitidos necesitan alterar el estado de reposo de la neurona, más específicamente, la membrana de esta. La membrana de una neurona en reposo posee un potencial eléctrico negativo de aproximadamente -70 mV (Wilmore et al., 2008c) con un rango de cargas entre -40 a -75 mV (Powers & Howley, 2012b), o -50 mV a -70 mV, producto de que la carga al interior de la membrana es menor que la carga del exterior de la membrana (Sherwood, 2011b). Estas cargas son las que mantienen la membrana polarizada y a la diferencia de la carga eléctrica se le denomina potencial de la membrana en reposo (Powers & Howley, 2012b).

Las neuronas tienen altas concentraciones de iones de potasio (K^+) en el interior de la membrana y altas concentraciones de iones de sodio (Na^+) al exterior de esta. Este desbalance

es lo que provoca el potencial de la membrana en reposo, el cual se sostiene pues la membrana es mucho más permeable al K^+ que al Na^+ ; así, el K^+ se mueve más libremente hacia lugares en donde existan bajas concentraciones al exterior de la membrana, pero el Na^+ no puede hacerlo hacia el interior y además las bombas de Na-K localizadas en la membrana, tienen la función de mantener este desbalance, transportando de manera activa los iones de potasio hacia adentro y los iones de sodio hacia afuera. De hecho, la bomba de Na-K desplaza tres iones de Na^+ hacia afuera y dos iones de K^+ hacia adentro, por lo que hay más carga positiva fuera que dentro de la célula, generándose de este modo la diferencia de potencial de -70 mV a través de la membrana (Sherwood, 2011a; Wilmore et al., 2008c).

Si el interior de la membrana se vuelve menos negativo, la diferencia de potencial se disminuye y la membrana se despolariza. Esto ocurre cuando se da un cambio en la permeabilidad en la membrana a la entrada de Na^+ producto de la apertura de las compuertas de Na^+ , pasando el potencial de la membrana en reposo desde -70 mV a estar cerca de 0. Si el proceso ocurre a la inversa; es decir, se incrementa el potencial de la membrana en reposo, entonces la membrana se llega a hiperpolarizar (Powers & Howley, 2012b; Wilmore et al., 2008c).

Los cambios en el potencial de la membrana son producidos por señales eléctricas de dos modalidades: a) los potenciales graduados y, b) los potenciales de acción. Los primeros potenciales ocurren en el lugar y pueden despolarizar o hiperpolarizar la membrana, mientras que los segundos son despolarizaciones de la membrana que ocurren de manera rápida (~1 ms) y considerable (desde -70 mV hasta aproximadamente los +30 mV). Así, el potencial de acción o estímulo nervioso se forma cuando la despolarización alcanza el umbral. Si la despolarización de la membrana ocurre entre -70 mV hasta -55 y los -50 mV, se alcanzará el umbral y se obtendrá un potencial de acción. Este tipo de funcionamiento se conoce como el

“principio del todo o nada”; es decir, o se alcanza el umbral y se genera el potencial de acción o no se alcanza y la neurona mantiene su estado de reposo (Sherwood, 2011b; Wilmore et al., 2008c).

Cabe agregar que la velocidad de los potenciales de acción depende de dos factores, específicamente la mielinización y el diámetro. Si las neuronas son mielinizadas y tienen diámetros más grandes, los potenciales de acción viajarán más rápido. La mielina es una capa discontinua de una sustancia grasa que aísla la membrana celular y que se distribuye a lo largo del axón y es liberada por unas células especializadas denominadas células de Schwann. Estas capas discontinuas de mielina dejan espacios sin cubrir denominados nodos de Ranvier, lo que permite que el potencial de acción se desplace a través del axón saltando entre los nodos y generando más velocidad de transmisión en las fibras nerviosas mielinizadas que en las no mielinizadas; este proceso es conocido como conducción saltatoria. En el caso del diámetro de la neurona, un diámetro más grande crea una menor resistencia de paso al potencial de acción de manera localizada (Bear, Connors, & Paradiso, 2008b; McArdle et al., 2015b; Sherwood, 2011b).

5.4.3. Etiología de las alteraciones cognitivas

Mahncke et al. (2006), consideran que la combinación de cuatro factores produce afectaciones importantes en la cognición: a) procesos complejos que afectan a la estructura del cerebro, b) cambios en el ambiente, c) cambios en la conducta, y d) la plasticidad cerebral *per se*. De acuerdo con Bamidis et al. (2014), la memoria es prácticamente la primera de las variables cognitivas que muestra los efectos del declive cognitivo. Así, una de las variables cognitivas que se ve afectada por el envejecimiento es la memoria de trabajo. De hecho, la afectación es mayor si se incrementa la complejidad de la actividad realizada. Bherer,

Erickson, y Liu-Ambrose (2013b), mencionan que estos problemas se asocian con un bajo nivel de activación de las regiones frontales de la corteza cerebral por el tipo de tareas realizadas cuando se envejece, al tiempo que la memoria episódica tiende a disminuir, posiblemente por problemas en la codificación de la información y un descenso en el uso de soportes ambientales, entre otros. Del mismo modo, se ha observado que un transporte insuficiente en la cantidad de oxígeno que el cerebro necesita, y una disminución de la síntesis de neurotransmisores y del metabolismo del cerebro en general, alteran negativamente el envío normal de las señales nerviosas hacia el resto del sistema (Etnier & Landers, 1997).

Jernigan et al. (2001), realizaron un estudio con voluntarios entre 30 y 99 años para determinar cambios en las estructuras cerebrales. Sus resultados mostraron pérdidas significativamente aceleradas del hipocampo relacionadas con la edad, así como afectaciones mucho mayores de los lóbulos frontales con respecto a otros lóbulos producto de pérdidas en el volumen cortical y problemas en la materia blanca. Además, encontraron una pérdida de materia gris junto con una pérdida posterior y mucho mayor de materia blanca. En general, los investigadores concluyeron que entre los 30 y los 90 años se produce una pérdida de 14% en la corteza cerebral, 26% en la materia blanca del cerebro y 35% en el hipocampo.

5.4.4. Evaluación de la cognición

Para efectos de la presente investigación es importante conceptualizar las variables cognitivas seleccionadas. De las distintas funciones cognitivas a evaluar en este estudio, la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo y la memoria de largo plazo van a ser factores claves por su relevancia en las PAM. Por ejemplo, Reuter-Lorenz y Park (2010), efectuaron una revisión acerca de las áreas neurocientífica y psicológica en función del

envejecimiento cognitivo y hallaron que las intervenciones para producir mejoras durante el envejecimiento se orientaban a las variables de memoria de trabajo, control inhibitorio y velocidad de procesamiento. Ésta última se refiere a la rapidez con la que se realizan las operaciones mentales, la memoria de largo plazo se enfoca en la capacidad que se posee para recordar eventos previos y la memoria de trabajo se define como la facultad que posee la persona para mantener eventos en la mente durante un lapso corto de tiempo (Greenwood & Parasuraman, 2012b).

Uno de los ámbitos cognitivos más importantes son las funciones ejecutivas, que son definidas por Elliott (2003), como todos aquellos procesos cognitivos complejos que necesitan ser integrados en pleno para poder alcanzar un objetivo. Miyake et al. (2000), mencionan tres grandes áreas dentro de las funciones ejecutivas a) cambio mental (“mental set shifting”), b) actualización de información y monitoreo (“information updating and monitoring”), y c) inhibición de respuestas (“inhibition of prepotent responses”).

El cambio mental se enfoca en cambiar el control cognitivo entre diferentes tareas trazadas. La actualización de información y monitoreo se refieren a la capacidad para sustituir información antigua por nueva. Por último, la inhibición de respuestas se refiere a la habilidad para dejar de lado las informaciones irrelevantes.

La forma en que se evalúan diversas áreas de la cognición varía de un estudio a otro. Por ejemplo, Liu-Ambrose et al. (2010), realizaron un estudio acerca del ejercicio contra resistencia, cognición y envejecimiento. En ese estudio evaluaron diversas funciones cognitivas ejecutivas, como la atención selectiva y la resolución de conflictos por medio del *Stroop Test*, la flexibilidad mental con el *Trail Making Test*, y la memoria de trabajo con el *Verbal Digit Span Forward and Backward Test*. Por su parte, Cassilhas et al. (2007), midieron la memoria con el *Digit Span Forward*, funcionamiento de memoria a corto plazo

según las secuencias visuales con el *Test de Corsi*, la memoria episódica de largo plazo con el test de figuras complejas *Rey–Osterrieth*, la atención con el *Test de Toulouse–Pieron*, las funciones ejecutivas y la memoria de corto plazo con el *Wechsler Adult Intelligence Scale III* (WAISIII) y la memoria visual de corto plazo con el *Wechsler Memory Scale–Revised* (WSM-R).

5.5. Estructura y función del músculo esquelético

Para efectos de la presente investigación, se realizará el abordaje teórico sobre el músculo esquelético. Se sabe que el tejido muscular se especializa en contraerse, y que el cuerpo humano posee tres tipos de músculos: a) el músculo cardíaco, b) músculo liso, y c) músculo esquelético. De estos tres, el músculo esquelético puede ser controlado de manera voluntaria, como por ejemplo, cuando apretamos fuertemente la mano de otra persona cuando saludamos (Fox, 2011a; McArdle, Katch, & Katch, 2015a).

El músculo esquelético permite controlar tanto la velocidad como la amplitud de los arcos de movimiento, producir fuerza que permita la locomoción, estabilizar la postura del cuerpo y generar calor en condiciones de clima frío extremo (McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c). Asimismo, es donde se almacena la mayor cantidad de energía en forma de glucógeno para su uso inmediato, y donde se realiza la mayor transducción de energía (Brooks, Fahey, & Baldwin, 2005a).

5.5.1. Estructura del músculo esquelético

El músculo esquelético está compuesto de fibras multinucleares, delgadas, alargadas y dispuestas en paralelo unas de las otras, permitiendo que la acción de la fuerza se transmita a lo largo de las fibras (Brooks et al., 2005a; Fox, 2011b). Las fibras del músculo esquelético

miden de unos pocos milímetros hasta 45 cm y tienen un grosor de aproximadamente 0.15 mm (Brooks et al., 2005a; McArdle et al., 2015a).

El músculo esquelético está organizado en capas; de las más grandes a las más pequeñas, se subdivide en: a) epimisisio, que es la capa de tejido conectivo externa que recubre a todas las fibras individuales, es decir, envuelve al músculo en su totalidad en una vaina de tejido conectivo, b) perimisisio, el cual es la capa de tejido conectivo que recubre a varios grupos de fibras musculares denominadas fascículos, y c) endomisisio, que es el tejido conectivo que cubre a todas las fibras musculares de manera individual (Brooks et al., 2005a; Fox, 2011b).

Es justamente el epimisisio el que se une con el tejido muscular en las partes distales y proximales para formar los tendones, que son tejidos conectivos muy fuertes que brindan el anclaje de los músculos en los huesos. De este modo, al realizarse la contracción muscular el músculo transfiere la fuerza al tendón, que mueve el segmento óseo respectivo, produciéndose de este modo el movimiento (McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c).

Debajo de la última capa, el endomisisio, se encuentra el sarcolema o membrana plasmática, que es una capa muy delgada y elástica que envuelve cada fibra muscular y que permite encapsular el contenido de la célula muscular. Esta contiene una membrana base y la membrana plasmática o plasmalema, que es una membrana de una doble capa de lípidos que posee la particularidad de conducir los estímulos eléctricos producto de la despolarización (McArdle et al., 2015a; Wilmore, Costill, & Kenney, 2008a).

Entre la membrana base y la membrana plasmática se hallan las células satélites. Estas células permiten regenerar el tejido muscular y parecieran ser parte de los mecanismos que explican la hipertrofia inducida por el ejercicio (Hawke, 2005; McArdle et al., 2015a; Relaix

& Zammit, 2012). Dentro de la membrana plasmática se halla el sarcoplasma, y se le considera el equivalente al citoplasma en todas las células, ya que es la sustancia acuosa de la fibra muscular que contiene diversas estructuras como las mitocondrias, las organelas, enzimas, grasas y el núcleo, entre otras (McArdle et al., 2015a; Wilmore et al., 2008a).

También dentro de la misma fibra muscular se puede hallar el retículo sarcoplásmico, una compleja red de canales tubulares y de vesículas que brindan soporte estructural a la célula. Estas sirven para almacenar el Ca^{2+} y permite que las ondas de la despolarización se puedan esparcir a gran velocidad desde el exterior al interior de la fibra muscular por medio de los túbulos T, dando así comienzo a la acción muscular (Powers & Howley, 2012c; Wilmore et al., 2008a). El retículo sarcoplásmico contiene unas “bombas biológicas”, que obtienen el Calcio (Ca^{2+}) desde el sarcoplasma, generándose así una gradiente de concentración de Ca^{2+} entre el retículo sarcoplásmico que posee altas concentraciones de Ca^{2+} y el sarcoplasma que contiene bajas concentraciones de Ca^{2+} (McArdle et al., 2015a).

Cada fibra muscular posee a su vez varias unidades funcionales más pequeñas llamadas miofibrillas, que se encuentran dispuestas en paralelo a lo largo de la fibra muscular. Estas se pueden dividir en estructuras aún más pequeñas denominadas sarcómeros, que se definen como las unidades funcionales de la fibra muscular en donde ocurre la contracción muscular. Los sarcómeros son múltiples eslabones de las proteínas actina (filamento delgado), miosina (filamento grueso) y otras proteínas estructurales ensamblados de forma ordenada que están dispuestos en paralelo a lo largo de las miofibrillas entre dos líneas Z (McArdle et al., 2015a; Wilmore et al., 2008a).

Dentro de las miofibrillas no solo se encuentran las proteínas actina y miosina, también se halla una variedad de proteínas que cumplen una diversidad de funciones, por ejemplo, el filamento delgado se compone también por troponina (a la cual se le une el Ca^{2+}

y produce el movimiento de rotación en la tropomiosina, iniciando la fase de los puentes cruzados), tropomiosina (transduce el cambio que genera la troponina hacia la actina) y la nebulina (se cree que controla la cantidad de monómeros de actina que se unen entre ellos en los filamentos delgados), proteína C (mantiene a los filamentos gruesos de miosina en una posición estándar y puede controlar las moléculas de miosina), proteína M (también mantiene los filamentos gruesos de una manera uniforme), la miomesina (le brinda a la titina una zona de unión fuerte), M-CK (brinda el ATP desde la fosfocreatina), α -actinina (mantiene a los filamentos delgados en su posición y forman la línea Z), desmina (conecta dos sarcómeros de miofibrillas adyacentes) y finalmente la titina (mantiene los filamentos delgados centrados entre las dos líneas Z durante la fase de contracción) (Brooks et al., 2005a; McArdle et al., 2015a).

El músculo esquelético se compone principalmente de agua (~75%), proteínas (~20%) y por un conjunto de sales, urea, lactato, Ca^{2+} , Magnesio (Mg), Na^+ , K^- , aminoácidos, grasas y carbohidratos. Las fibras musculares presentan una vascularización que las recorre de manera paralela. Las arteriolas y las vénulas están dispuestas en forma de red en el endomisio, lo que les permite dotar a las fibras musculares del flujo sanguíneo adecuado y por consiguiente de la oxigenación y el influjo de nutrientes necesario (Brooks et al., 2005a; McArdle et al., 2015a).

En el sarcómero se han identificado zonas y bandas que permiten realizar análisis más específicos sobre su función. Entre ellas se encuentra la Banda I, la cual es el espacio que se tiene entre el extremo de un filamento de miosina de un sarcómero y el extremo del filamento de miosina de un sarcómero adyacente que, además, incluye la Línea Z o Disco Z formada por la proteína α -actinina que separa a los sarcómeros adyacentes. También se encuentra la Banda A, que se define por el espacio existente entre los extremos del filamento de miosina

de un mismo sarcómero. Luego se identifica la Zona H, que es la región que está delimitada por los filamentos de actina de un mismo sarcómero y está localizada en el centro del sarcómero. Finalmente, se encuentra la Banda M, que se encuentra en el centro de la Zona H y es necesaria para brindarle soporte estructural a los filamentos de miosina (Brooks et al., 2005a; McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c; Wilmore et al., 2008a).

Si se le realiza un corte transversal a una miofibrilla, se observará que tanto los filamentos delgados de actina como los filamentos gruesos de miosina presentan una configuración hexagonal, lo que le permite a las cabezas de la miosina unirse con los filamentos de actina que se encuentran dispuestos alrededor (McArdle et al., 2015a). El filamento de miosina posee varias proyecciones que terminan en forma de una cola con dos cabezas, que son las prolongaciones que hacen contacto con el filamento de actina (Powers & Howley, 2012c; Wilmore et al., 2008a).

El filamento de actina es en realidad un filamento compuesto por dos hebras de actina, las cuales presentan una configuración en forma de hélice dada por las moléculas de troponina y tropomiosina, que controlan el movimiento de rotación de la actina para ocultar o liberar los sitios activos de la actina. La tropomiosina se distribuye a lo largo de la actina también formando una hélice doble, mientras que la troponina está desplegada a intervalos regulares a lo largo de la actina (McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c; Wilmore et al., 2008a).

5.5.2. Función del músculo esquelético

Para poder describir toda la secuencia de la contracción del músculo esquelético, se procederá desde la generación del estímulo nervioso o potencial de acción hasta que éste llega al músculo esquelético y produce la contracción.

Todos los músculos esqueléticos están inervados por las neuronas denominadas neuronas motoras o motoneuronas, específicamente las α -motoneuronas (McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012b), las cuales están mielinizadas y localizadas en la parte anterior del cordón espinal. Por sus características, son neuronas eferentes, es decir, envían información desde los centros nerviosos superiores hacia los músculos esqueléticos, pero al final toda acción muscular depende directamente del influjo sensorial de motoneuronas localizadas principalmente en el giro pre central de la corteza cerebral. Estas motoneuronas tienen la particularidad que hacen que los estímulos nerviosos se dirijan desde el cordón espinal hasta los músculos. Los axones de estas motoneuronas se extienden desde el cordón espinal para llevar los estímulos nerviosos hasta los músculos (Sherwood, 2011d; Wilmore et al., 2008a).

No existe un punto único de conexión entre motoneurona y fibra muscular, de hecho, las motoneuronas hacen sinapsis con la fibra o fibras musculares en distintos puntos para garantizar de este modo que el estímulo nervioso llegue a todo el músculo (McArdle et al., 2015b). La sinapsis entre la neurona motora mielinizada y la fibra muscular se denomina unión neuromuscular, que es la zona que permite el paso del estímulo nervioso hacia la fibra muscular y, por ende, que se pueda iniciar la actividad muscular. Esta unión requiere la presencia de células de Schwann, partes terminales de las neuronas que poseen el neurotransmisor acetilcolina (ACh), espacio sináptico, membrana post sináptica con receptores de ACh y microtúbulos especializados localizados en la membrana post sináptica que esparcen el estímulo eléctrico por toda la fibra muscular (Deschenes, Maresh, & Kraemer, 1994). Los neurotransmisores son mensajeros electroquímicos localizados en la neurona presináptica que permiten la comunicación con otras neuronas (Powers & Howley, 2012b).

Las terminales pre sinápticas representan la sección terminal del axón que se encuentra debajo de la capa de mielina. Estas terminales están muy cerca de la membrana post sináptica localizada en el sarcolema de la fibra muscular pero no hacen contacto. A través del espacio sináptico se llega a la membrana post sináptica, que posee muchos pliegues que aumentan sustancialmente el área de superficie de la membrana; éstos muestran hendiduras donde se encuentran los receptores de ACh, los cuales continúan el impulso nervioso (McArdle et al., 2015b; Sherwood, 2011e).

Un potencial de acción es generado en el cerebro o en el cordón espinal y es transportado por las α -motoneuronas, el cual llega hasta las vesículas que se encuentran localizadas en los axones terminales. El estímulo generado por este potencial de acción va a ocasionar que las vesículas liberen la ACh, que a su vez se esparce por el espacio sináptico y llega a los receptores especializados de ACh en el sarcolema (McArdle et al., 2015a; Wilmore et al., 2008a).

Si una cantidad suficiente de ACh llega a los receptores especializados se alcanzará el umbral de despolarización del sarcolema, generando un estímulo que permite abrir las compuertas de iones de Na^+ , permitiendo que el potencial de acción continúe por toda la fibra muscular. Este potencial de acción despolariza los túbulos T del sarcómero, provocando que las cisternas terminales liberen Ca^{2+} al retículo sarcoplásmico. El Ca^{2+} liberado se une al complejo troponina-tropomiosina localizados en el filamento de actina, originando un movimiento de pivote y dejando al descubierto los sitios activos de la actina (Brooks, Fahey, & Baldwin, 2005b; Wilmore et al., 2008c).

Si bien todavía faltan por dilucidar distintos procesos que ocurren dentro del músculo esquelético para poder determinar por qué funciona de esa manera, el modelo de los filamentos deslizantes permite explicar claramente lo que ocurre durante la contracción

muscular (McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c). De esta forma, la actina se une a la molécula de adenosina trifosfato (ATP) ubicada en la cabeza del filamento de miosina, activando la enzima miosina ATPasa, que rompe la molécula de ATP, quedando finalmente una molécula de adenosina difosfato (ADP) y un fosfato (P) liberado. Este rompimiento produce una liberación de energía que hace que los puentes cruzados de la miosina se muevan y originen la tensión (Sherwood, 2011e; Wilmore et al., 2008a).

La molécula de ADP se une con otro P formando nuevamente ATP, lo que bloquea la unión de la miosina con la actina haciendo que los puentes cruzados se desliguen de la actina. Nuevamente, la molécula de ATP vuelve a ser degradada por la miosina ATPasa y el ciclo de activación y desactivación de los puentes cruzados de la miosina con la actina se repite, ocasionando que los puentes cruzados se deslicen sobre la actina y que se produzca la contracción muscular repetidamente (Brooks et al., 2005b; Wilmore et al., 2008a).

La activación de los puentes cruzados va a depender de que las concentraciones de Ca^{2+} se mantengan lo suficientemente altas, ya que es lo que permite que el complejo de troponina-tropomiosina se mantenga. Pero si el potencial de acción se detiene, el Ca^{2+} intracelular disminuye de manera acelerada, pues retorna a las cisternas terminales del retículo sarcoplásmico, rotando el complejo troponina-tropomiosina hasta donde se oculta el sitio activo de la actina, y así, el músculo vuelve a su estado de reposo (McArdle et al., 2015a; Sherwood, 2011e).

5.5.3. Tipo de fibra muscular

El músculo esquelético no es en realidad un conjunto de fibras o tejidos con características homogéneas, sino que varía en características contráctiles, metabólicas, el tipo de motoneurona que lo inerva (McArdle et al., 2015a), histoquímicas (Brooks et al., 2005b;

Powers & Howley, 2012c), y bioquímicas (Powers & Howley, 2012c; Sherwood, 2011e). El cuerpo humano posee tres tipos de fibra muscular. El primer tipo se describe como las de contracción lenta (tipo I), y el segundo como las de contracción rápida (tipo II), que a la vez se subdividen en el tercer tipo, fibras de contracción intermedia (IIa) y fibras de contracción rápida (IIx) (Powers & Howley, 2012c; Sherwood, 2011e; Wilmore et al., 2008a).

En la literatura existe cierta controversia en cuanto a la forma de nombrar las fibras. La literatura es consistente al indicar que las fibras tipo I son de contracción lenta, y que se caracterizan por tener una elevada capacidad oxidativa producto de una alta cantidad de mitocondrias, alta capilarización y resistencia a la fatiga, pero con una baja producción de fuerza y producción glicolítica, alto contenido de mioglobina, motoneuronas pequeñas, excelente eficiencia energética y que su sistema energético predominante es el aeróbico (Brooks et al., 2005b; McArdle et al., 2015a; Powers & Howley, 2012c; Sherwood, 2011e; Wilmore et al., 2008a).

En el caso de las fibras tipo II, McArdle et al. (2015a), establecen que se componen de fibras tipo IIa, tipo IIx y tipo IIb. Las fibras tipo IIa son catalogadas como fibras de contracción moderadamente rápidas y de una tolerancia a la fatiga alta, motoneuronas de tamaño mediano, densidad capilar intermedia, pero con una capacidad glicolítica, oxidativa y mitocondrial alta que le permiten generar una producción de fuerza moderada y realizar actividades anaeróbicas de más duración que las más explosivas.

Las fibras tipo IIx presentan un tiempo de contracción rápida, y, por tanto, son inervadas por motoneuronas más grandes, con una capacidad intermedia para tolerar la fatiga, pues tienen una densidad mitocondrial y una capacidad oxidativa media, pero poseen una alta producción de fuerza en un lapso de tiempo muy corto. Las fibras tipo IIb son las más rápidas y explosivas de todas las fibras, siendo inervadas por las motoneuronas de mayor

tamaño que les permiten generar la mayor producción de fuerza de entre todos los tipos de fibras musculares.

Powers y Howley (2012c), Sherwood (2011e) y Wilmore et al. (2008a) clasifican las fibras tipo II en fibras tipo IIa y fibras tipo IIx. Las características entre estas clasificaciones de fibras tipo II son similares. En general, indican que las fibras tipo IIa poseen una capacidad oxidativa moderadamente alta, resistencia a la fatiga moderada, capacidad glicolítica de intermedia a alta, velocidad de contracción rápida, mientras que las fibras tipo IIx presentan una capacidad oxidativa baja y una capacidad glicolítica que va desde alta hasta la más alta de todos los tipos de fibra, alta velocidad de contracción y una resistencia a la fatiga baja. Wilmore et al. (2008a), agregaron que por medio de una técnica conocida como electroforesis se pudo descubrir fibras que poseen dos o más formas de miosina, clasificándolas como fibras tipo I, Ic, IIc, IIa, IIax, IIxa y IIx.

Anteriormente los textos mencionaban las fibras tipo I, tipo IIa y tipo IIb, posteriormente se identificaron las fibras tipo IIx y se les catalogó como intermedias entre las fibras IIa y IIb; sin embargo, histoquímicamente estas fibras no se diferencian por lo que se presta para confusiones en el ámbito científico. Asimismo, ya se pudo identificar el gen de las fibras IIx y se mostró que no hay fibras IIb (Brooks et al., 2005b).

Pero, aun con estas divergencias en cuanto a la clasificación de las fibras, está claro que las fibras tipo II son las que presentan deterioro en la vejez, específicamente en el tamaño y no en el número. Nilwik et al. (2013), realizaron un estudio para determinar la cantidad de área de corte transversal entre hombres jóvenes y adultos mayores debida a la diferencia del tamaño de la fibra muscular. A las fibras de los participantes se les evaluó el área de corte transversal, posteriormente, los adultos mayores fueron sometidos a un programa de 6 meses de ejercicios contra resistencia, posterior a lo cual fueron evaluados nuevamente. El área de

corte transversal y las fibras tipo II fueron significativamente menores en los hombres adultos mayores que en los hombres jóvenes, pero al final del programa de ejercicios contra resistencia se encontraron aumentos significativos en el tamaño de las fibras tipo II y el área de corte transversal entre los hombres adultos mayores, por lo que se recomienda que las PAM practiquen el ejercicio contra resistencia de manera continua.

5.5.4. Entrenamiento contra resistencia

El entrenamiento contra resistencia es vital para mejorar la fuerza muscular, disminuir la fatiga muscular y variar el proceso de deterioro producto del envejecimiento (A. P. W. Johnston, De Lisio, & Parise, 2008; Visich & Ehrman, 2009). Las PAM “muy mayores” (80 y más años) y muy frágiles han mostrado obtener adaptaciones importantes a los ejercicios de contra resistencia (Fiatarone et al., 1990; Frontera, Meredith, O'reilly, Knuttgen, & Evans, 1988; Hunter et al., 1995; Leenders, 2009). Además, han permitido ahorrar gastos en los sistemas de salud pública, generar mejores efectos que los ejercicios de tonificación y balance, y se vislumbran como una estrategia novedosa y prometedora para mejorar la atención selectiva y la resolución de tareas, así como para disminuir el deterioro cognitivo de las PAM con deterioro cognitivo leve (Davis et al., 2013; Fallah et al., 2013).

Antes de proseguir es importante conceptualizar la fuerza muscular. El American College of Sports Medicine (2010), define la fuerza como la habilidad que poseen los músculos para ejercer fuerzas. Así, los ejercicios contra resistencia mejoran la fuerza en las personas adultas mayores, incrementa la masa muscular, disminuyen el riesgo del síndrome de fragilidad de las personas adultas mayores (Evans, 1999; Fiatarone et al., 1990; Frontera et al., 1988), y permiten mantener la función cognitiva (Liu-Ambrose & Donaldson, 2009).

Sin embargo, la profundidad de sus efectos sobre las personas mayores dependerá de la dosificación que se realice en los programas de ejercicios de contra resistencia (Evans, 1999).

Leenders (2009), sugiere que los programas de ejercicios contra resistencia con una duración entre 8 y 52 semanas permiten aumentos en la fuerza y en la masa muscular en las PAM, independientemente del sexo y de la edad. Beas-Jiménez et al. (2011), indicaron que los programas que se realizan a intensidades entre 70% y 90% de una repetición máxima (1 RM), que sean primordialmente excéntricos y que se realicen al menos dos veces por semana en días alternos presentan un mayor beneficio a las personas con sarcopenia.

Bottaro, Veloso, Wagner, y Gentil (2011), compararon programas de ejercicios contra resistencia con diferente número de series en las adaptaciones de distintos grupos musculares de hombres jóvenes no entrenados, y hallaron que, con una única serie se podría elevar la fuerza y el área de corte transversal muscular. Bickel, Cross, y Bamman (2011), mostraron que las PAM necesitan de cargas más elevadas que las personas jóvenes para mantener la hipertrofia alcanzada en un entrenamiento contra resistencia; sin embargo, las ganancias de la fuerza atribuibles al entrenamiento suelen estar al mismo nivel o incluso superiores a las de jóvenes sin entrenar.

Otro aspecto por considerar es la potencia muscular. Si bien la disminución en la potencia muscular durante el envejecimiento es un predictor de fragilidad y de discapacidad, un estudio mostró que independientemente de la edad se pudo mejorar la potencia con entrenamiento contra resistencia de modo explosivo (75%-80% de 1 RM) en un grupo de mujeres saludables mayores de edad (entre 60 y 65 años) y más mayores (entre 80 y 89 años), generando cambios positivos a nivel neuromuscular en áreas que están relacionadas con la fragilidad (Caserotti, Aagaard, Buttrup Larsen, & Puggaard, 2008).

En otro estudio realizado en un grupo de mujeres y hombres PAM se halló que un entrenamiento contra resistencia progresivo de 6 semanas, estructurado en 2 a 4 series de 8 a 12 repeticiones por ejercicio, y un total de 6 a 10 ejercicios realizados a una intensidad submáxima de 5 a 6 en una escala de esfuerzo percibido de 0 a 10 (equivale aproximadamente a un 70%-85% de 1 RM), produjo un incremento significativo de la fuerza de un 32% y de la calidad muscular en un 31% (Scanlon et al., 2014).

Por otra parte, dos estudios en PAM fueron realizados con cargas de trabajo considerablemente bajas y también mostraron efectos positivos importantes (Trappe, Williamson, & Godard, 2002; Watanabe, Madarame, Ogasawara, Nakazato, & Ishii, 2013). Inicialmente, el estudio de Trappe et al. (2002), probó que un entrenamiento contra resistencia efectuado 1 vez por semana mantuvo la fuerza muscular y el tamaño de la masa muscular en hombres adultos mayores. La fuerza y el tamaño musculares fueron medidos al principio del programa (T1), a las 12 semanas (T2) y después de 6 meses (T3). Así, un grupo de hombres adultos mayores ($n = 10$, edad = 70 ± 4 años) recibieron 12 semanas de un programa contra resistencia para extensores de rodilla con una frecuencia de 3 veces por semana a un 80% de 1 RM y después fueron divididos en 2 subgrupos (cada grupo $n = 5$). Un grupo realizó un entrenamiento contra resistencia 1 día por semana con 3 series por 10 repeticiones a un 80% de 1 RM y el otro grupo solo se mantuvo realizando las actividades que efectuaba antes de ingresar al estudio sin realizar ninguna actividad física. Ambos grupos se mantuvieron así durante 6 meses. Al final de los 6 meses, el grupo contra resistencia no tuvo cambios significativos en el tamaño muscular ni en la fuerza muscular entre T2 y T3, pero el grupo que no realizó actividad física durante esos 6 meses disminuyó significativamente su tamaño muscular en un 5% y su fuerza muscular en un 11%.

En el caso del estudio de Watanabe et al. (2013), se buscó determinar si un entrenamiento contra resistencia efectuado a muy baja velocidad e intensidad de trabajo (30% de 1 RM) mejoraba la fuerza el tamaño del músculo de PAM. Para efectuar lo anterior, los investigadores tomaron un grupo de 18 PAM entre los 60 y los 77 años y los dividieron en dos subgrupos. Un grupo (n = 9) trabajó ejercicios de extensiones de rodillas a una intensidad muy baja (30% de 1 RM) con contracción muscular continua efectuada de la siguiente manera: 3 s contracción excéntrica, 3 s contracción concéntrica y 1 s contracción isométrica, 2 veces por semana durante 12 semanas. El otro grupo (n = 9) utilizó la misma carga (30% de 1 RM, 2 veces por semana durante 12 semanas) pero con una velocidad de ejecución normal de 1 s en la fase concéntrica, 1 s en la fase excéntrica y 1 s de descanso entre repetición. Se evaluó la fuerza muscular isométrica e isoquinética por medio de 1 RM y el tamaño muscular por la técnica de corte transversal de la sección media del muslo por medio de resonancia magnética al principio y al final de la intervención. Los resultados mostraron que el grupo de rápida ejecución mejoró la fuerza muscular pero no el tamaño muscular (~1.1%). El grupo que trabajó la contracción muscular continua obtuvo ganancias tanto en el tamaño muscular (5%) y en la fuerza muscular isométrica e isocinética. Se concluyó que el entrenamiento bajo la modalidad de contracción muscular continua, aun con una carga de trabajo baja, mejora la fuerza y el tamaño muscular, por lo que puede ser utilizado para prevenir la sarcopenia en PAM.

En términos generales se ha observado que el entrenamiento contra resistencia brinda importantes adaptaciones a los músculos de las PAM, aumentando la hipertrofia y reintegrando las estructuras musculares deterioradas producto del proceso de envejecimiento (Narici, Reeves, Morse, & Maganaris, 2004).

5.5.4.1. Prescripción del entrenamiento contraresistencia

Una prescripción adecuada del ejercicio requiere de lineamientos específicos para determinar la intensidad, volumen (cantidad de series), tiempo de descanso (la mínima cantidad de tiempo de recobro/reposo entre series), frecuencia (número de sesiones por semana), duración (tiempo que dura la sesión de ejercicios) y el tipo de ejercicio (Connelly, 2008; M. D. Peterson & Gordon, 2011).

De este modo, los estudios que manipulen estas variables en sus programas de entrenamiento para determinar las cargas adecuadas de los trabajos contraresistencia, deberían de reunir también una serie de criterios de calidad. Ratamess et al. (2009), elaboraron la posición de consenso del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM por sus siglas en inglés) y presentaron una catalogación de la calidad los estudios a partir de la evidencia producida. Primero, se encuentra la evidencia categoría A, que reúne los resultados obtenidos de estudios evaluados como los de mejor calidad pues son estudios controlados aleatorizados, muy bien diseñados con un número considerable de estudios que respaldan los hallazgos y se elaboran con un número elevado de participantes. Segundo, la evidencia categoría B, que es toda aquella obtenida de pocos estudios aleatorizados controlados, que presentan análisis más de tipo *post hoc*, o metaanálisis. Además, muestran resultados algo inconsistentes y fueron realizados con poblaciones no muy bien descritas. Tercero, la evidencia categoría C, obtenida principalmente de resultados de investigaciones no controladas. Finalmente, la evidencia categoría D, que es toda aquella elaborada a juicio de expertos y que está basada en la síntesis de evidencias experimentales o en el consenso de grupos de especialistas basados en las experiencias o conocimientos obtenidos de estudios que no reúnen los criterios de calidad anteriormente indicados.

Así, Ratamess et al. (2009), encontraron en evidencia categoría A qué tanto para mejorar la fuerza como para hipertrofiar se pueden utilizar ejercicios uniarticulares o multiarticulares, ya sea con pesos libres o máquinas, realizados a una velocidad lenta a moderada, con 8 a 12 repeticiones y de 1 a 3 series por ejercicio entre el 60% y el 80% de 1 RM y con un descanso de 1 a 3 min, ejecutados preferiblemente de 2 a 3 veces por semana. En la evidencia categoría B, hallaron que para incrementar la potencia en PAM saludables se debía entrenar fuerza con ejercicios uniarticulares y multiarticulares ejecutados de 1 a 3 series de 6 a 10 repeticiones entre el 30% y 60% de 1 RM con velocidad alta. En el caso de querer utilizar la resistencia a la fuerza, la evidencia categoría B, muestra que se deben trabajar pesos con una carga baja a moderada y con un alto número de repeticiones (e.g., 10 a 15 o más).

Chodzko-Zajko et al. (2009), elaboraron la declaración de consenso del ACSM relacionada con la actividad física y el ejercicio físico para PAM. Allí establecen que los ejercicios contra resistencia se deberían realizar al menos 2 veces/semana, a una intensidad moderada entre 5 y 6 de una escala de 0 a 10 y que sea de tipo progresivo, que sean del tipo de trabajos de contra resistencia o de soporte del propio peso corporal con unos 8 a 10 ejercicios que involucren los grupos musculares grandes realizados de 8 a 12 repeticiones cada uno, calculando el peso con el método de 1 RM, 3 RM o algún otro método equivalente. También recomendaron subir gradas, así como todas aquellas actividades de fortalecimiento general que involucren siempre los grandes grupos musculares, sean estas isométricas o isocinéticas. Chodzko-Zajko et al. (2009), también usaron la catalogación de la calidad los estudios utilizada por Ratamess et al. (2009) y encontraron que la evidencia categoría A es contundente al mostrar que las PAM pueden aumentar considerablemente su fuerza y potencia muscular producto de los ejercicios contra resistencia.

Nelson et al. (2007) y M. D. Peterson y Gordon (2011), establecieron en su publicación que las pautas a considerar por los programas diseñados para el fortalecimiento muscular, deberían de tener al menos una frecuencia de 2 veces por semana en días no consecutivos, de 8 a 10 ejercicios que trabajen los grandes grupos musculares, con un esfuerzo de moderado a fuerte que permita ejecutar entre 8 y 15 repeticiones, de 1 a 3 series.

Hass, Feigenbaum, y Franklin (2001), reúnen criterios muy similares a los anteriores, indicando que el entrenamiento contra resistencia debe incluir una gran variedad de ejercicios que, al ser realizados a una intensidad determinada, permitirán el desarrollo de la fuerza muscular, agregando además que éstos programas deberían incorporar de 8 a 10 ejercicios que sean uni o multiarticulares y que sean ejecutados en al menos 1 serie y en los grupos musculares grandes con una frecuencia de 2 a 3 veces/semana.

Un aspecto específico con respecto a la intensidad es destacado por Fry (2004), quien encontró que el rango de intensidad en el que se obtiene mayor hipertrofia es entre 85% y 90% de 1 RM. Raymond, Bramley-Tzerefos, Jeffs, Winter, y Holland (2013), expresaron criterios bastante uniformes con los investigadores anteriormente citados, indicando que los programas contra resistencia de alta intensidad mejoran la fuerza del tren inferior más que los programas de intensidades más bajas. Para determinar esto, los investigadores establecieron en su revisión sistemática los siguientes rangos de comparación: a) máxima intensidad $\geq 90\%$ de 1 RM, b) alta intensidad entre un 70% y un 89% de 1 RM, c) moderada intensidad entre un 50% a un 69% de 1 RM, y d) baja intensidad $< 50\%$ de 1 RM.

Un metaanálisis sobre la dosificación para el desarrollo de la fuerza encontró que los individuos no entrenados obtenían mejoras más pronunciadas en la ganancia de la fuerza a un 60% de intensidad (TE = 2.8 ± 2.3), y una frecuencia de al menos 3 veces/semana (TE = 1.9 ± 2.3), mientras que los entrenados lo conseguían a 80% de intensidad (TE = 1.8 ± 1.3)

y a una frecuencia de 2 veces/semana ($TE = 1.4 \pm 1.2$). En cuanto al volumen, tanto entrenados como no entrenados parecen mejorar más su ganancia de la fuerza trabajando cada ejercicio 4 series (Rhea, Alvar, Burkett, & Ball, 2003).

5.6. Deterioro muscular

5.6.1. Dimensión del deterioro muscular en el envejecimiento

La sarcopenia es definida como la pérdida de masa muscular que está relacionada con la edad pero no asociada a una enfermedad, además es involuntaria (Abellan van Kan et al., 2011; Adamo & Farrar, 2006; Arai et al., 2014; Cederholm et al., 2011; Kamel, 2003; Morley et al., 2011). Se caracteriza por una pérdida en el número y tamaño de las fibras musculares (Aagaard et al., 2010; Abellan van Kan et al., 2011; Morley et al., 2011; Radaelli et al., 2013), por una pérdida progresiva de fuerza, de función muscular, fatiga muscular incrementada (Aagaard et al., 2010; Abellan van Kan et al., 2011; Adamo & Farrar, 2006; Beas-Jiménez et al., 2011; Cruz-Jentoft et al., 2010; Choi, 2013; Gallagher et al., 2000; Morley et al., 2011; Pinto et al., 2014; Proctor, Balagopal, & Nair, 1998), función física reducida, deterioro funcional (Batsis, Mackenzie, Barre, Lopez-Jimenez, & Bartels, 2014; Visvanathan & Chapman, 2010), incremento en la grasa muscular (Beas-Jiménez et al., 2011) y cuya causa es multifactorial (Abellan van Kan et al., 2011; Choi, 2013; Morley et al., 2011).

Beaudart, Rizzoli, Bruyère, Reginster, y Biver (2014) y Morley et al. (2011), consideran que la sarcopenia tiene una alta importancia clínica y que por sus implicaciones en la salud, amerita que las PAM sean evaluadas para establecer si la padecen; sin embargo, Bauer y Sieber (2008), indicaron que los médicos no están habituados a esta patología, por lo que de manera general se excluye de las evaluaciones médicas geriátricas. Uno de los

factores claves para que aparezca la sarcopenia lo produce el proceso de envejecimiento, pues se han demostrado pérdidas paulatinas de fibras musculares alrededor de los 50 años, acelerándose hasta los 80 años. Esta pérdida ocurre de manera similar tanto en los seres humanos como en los animales, lo que indica que pueden existir mecanismos idénticos que activan los procesos de pérdida de fibras musculares y de unidades motoras (Faulkner, Larkin, Claflin, & Brooks, 2007).

Es importante aclarar lo manifestado por Abellan van Kan et al. (2011), Abellan van Kan et al. (2013), Beaudart et al. (2014) y Cederholm et al. (2011), quienes indicaron que el término sarcopenia conlleva sus precauciones al momento de definirlo debido a los múltiples factores que involucra, por lo que estos factores deben ser considerados previamente para así evitar confusiones en su clasificación. Junto con Abellan van Kan (2009) y Morley et al. (2011), fueron enfáticos al indicar que desde hace unos años se viene cuestionando la definición de sarcopenia que sólo considera la pérdida de masa muscular, pues la fuerza y la función muscular dependen también de factores neuromusculares y de cambios en la composición estructural del músculo. La sarcopenia se categoriza como primaria cuando es causada por el proceso normal de deterioro por envejecimiento sin algún otro factor evidente, y como secundaria cuando se presentan otros factores causales como lo pueden ser el sedentarismo y enfermedades en otros órganos (Cruz-Jentoft et al., 2010).

Morley et al. (2011), identificaron una serie de factores que interactúan para producir la sarcopenia, los cuales se muestran en la Figura 2.

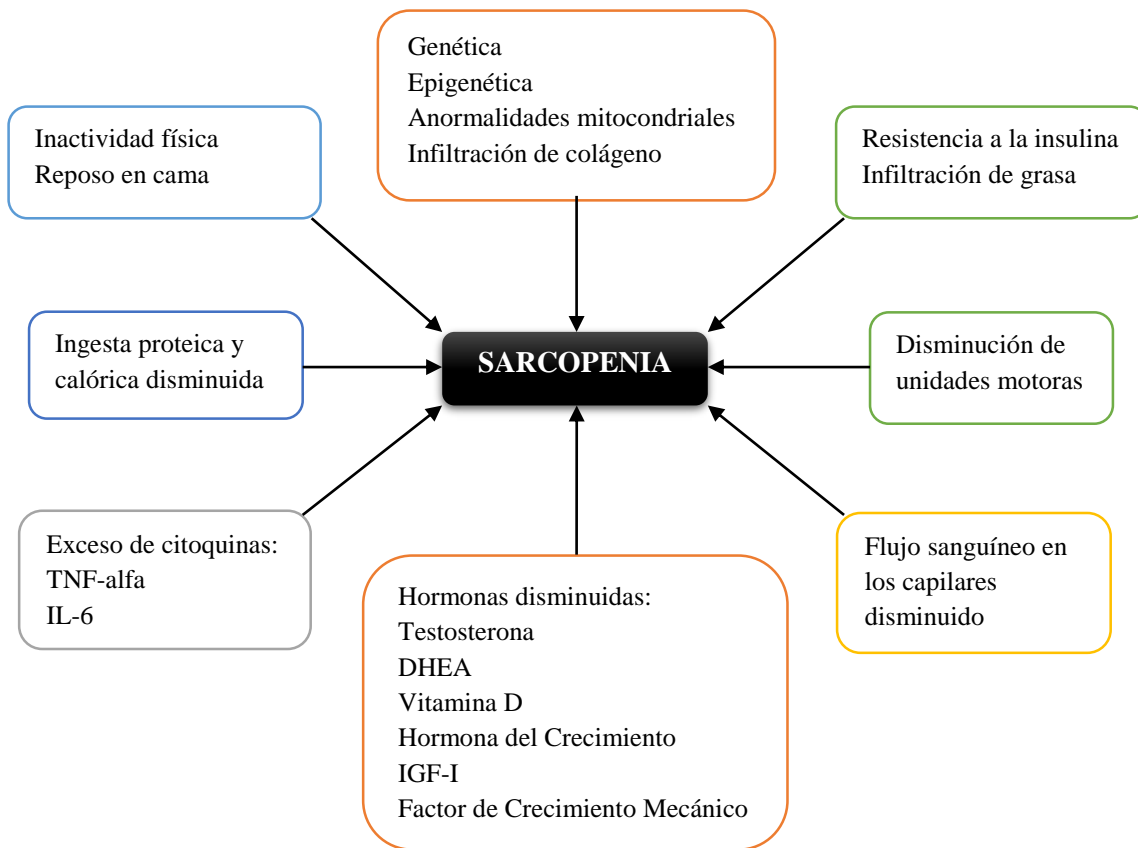


Figura 2. Factores involucrados en la fisiopatología de la sarcopenia (Traducido al español con la autorización del autor principal. Figura aparecida en la página 404 del artículo de Morley et al. (2011). Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(6), 403-409, bajo el título: Fig 1. Factors involved in the pathophysiology of sarcopenia).

La sarcopenia ocasiona un enorme perjuicio a las PAM ya que se asocia con bajos niveles de salud y con aumentos sustanciales en los costos de atención (Abellan van Kan et al., 2011; Arai et al., 2014; Goldspink & Harridge, 2004; Janssen, Shepard, Katzmarzyk, & Roubenoff, 2004; Schneider & Guralnik, 1990; Visvanathan & Chapman, 2010). Precisamente, tanto la pérdida de masa muscular como la pérdida en la función muscular son predictores de una futura fragilidad en PAM (Bauer & Sieber, 2008; Beas-Jiménez et al.,

2011; Janssen, Heymsfield, & Ross, 2002; Morley, 2009; Visvanathan & Chapman, 2010), por lo que es vital una evaluación pronta y oportuna (Adamo & Farrar, 2006).

En Europa, la sarcopenia tiene una prevalencia entre 9.5% y 15.7% en mayores de 65 años y se incrementa conforme las personas se van haciendo mayores (Beas-Jiménez et al., 2011), pero hay otros reportes con rangos más variables; por ejemplo, entre 8% y 40% (Abellan van Kan, 2009), entre 3.3% y 18.8% en un grupo de mujeres adultas mayores de 75 y más años (Abellan van Kan et al., 2013), 35.4% en mujeres y 75.5% en hombres, incrementándose aún más con la edad (Batsis et al., 2014). Justamente la dificultad de contar con una definición estándar e instrumentos de evaluación estándar hace que estos valores fluctúen considerablemente y que por lo tanto no se conozca con precisión la prevalencia de esta enfermedad (Abellan van Kan, 2009; Beaudart et al., 2014). Sin embargo, las mujeres tienen más desventaja que los hombres pues presentan menos masa muscular y además en promedio viven más años que los hombres, lo que las expone a vivir con disfuncionalidad por más tiempo (Roubenoff & Hughes, 2000).

5.6.2. Etiología y fisiología de la sarcopenia

Beas-Jiménez et al. (2011), manifestaron que dentro de las definiciones de sarcopenia se incluyen aspectos relacionados con fuerza, funcionalidad y la grasa corporal, pues estos factores permiten identificar la sarcopenia relacionada con el proceso de envejecimiento (sarcopenia primaria) y la sarcopenia relacionada con un proceso patológico (sarcopenia secundaria). Abellan van Kan et al. (2011), indican que aunque es difícil precisar una causa específica generadora de la sarcopenia, aparentemente la poca estimulación musculoesquelética, la pérdida de alfa motoneuronas localizadas en el cordón espinal y unos

bajos niveles hormonales tales como la hormona del crecimiento (HC) y el IGF-I, parecieran ser los factores desencadenantes de la sarcopenia.

Otros de los posibles mecanismos que explican el surgimiento de la sarcopenia son la disminución de la masa muscular por una pérdida muy rápida de miocitos producto de un incremento de la apoptosis (Marzetti & Leeuwenburgh, 2006), inflamación sistémica relacionada con la pérdida de masa muscular y fuerza muy elevados, y la elevada expresión genética de citoquinas (Peake, Della Gatta, & Cameron-Smith, 2010).

Para Adamo y Farrar (2006), la pérdida de unidades motoras y la atrofia de las fibras musculares existentes se vislumbran como dos de los mecanismos más importantes de la pérdida de masa muscular, agregando que se pierden más fibras de contracción rápida (fibras tipo II-x) que lenta (fibras tipo I). Por su parte, Beas-Jiménez et al. (2011), determinaron dos mecanismos como los responsables de la pérdida de fuerza y de masa muscular en el envejecimiento, la disminución en el número de fibras musculares y la reducción en el área de corte transversal de las fibras musculares remanentes. Beas-Jiménez et al. (2011) concuerdan con Adamo y Farrar (2006), acerca de que las fibras musculares tipo II-x son las más afectadas, pero agregan además que esta pérdida de fibras musculares tipo II-x incide negativamente en la producción de velocidad y potencia muscular, pero que esto podría revertirse con ejercicios contra resistencia.

Aagaard et al. (2010), indicaron que es probable que la pérdida de unidades motoras durante el envejecimiento no llegue a producir disfuncionalidad hasta que se llegue a una edad umbral determinada, pero lo que sí está muy claro es que se pierden motoneuronas espinales, las fibras musculares van a reducir su número y tamaño llegando a producir sarcopenia. Durante el envejecimiento se produce una pérdida considerable de masa la muscular después de los 40 años hasta los 70 años, llegando a perderse unos 9 kg de masa

muscular. Lamentablemente, este proceso de deterioro se hace aún más marcado entre los 70 y los 90 años (Adamo & Farrar, 2006), aunque hay indicios de que a partir de los 25 años se disminuye el tamaño y el número de fibras musculares, llegando a generar una pérdida aproximada de un 30% de la masa muscular a los 80 años (Beaudart et al., 2014). McNeil, Doherty, Stashuk, y Rice (2005), reportaron una reducción significativa en el número estimado de unidades motoras del músculo tibial anterior entre los 25 y los 60 comparado con los 80 y más años.

Estos hallazgos tienen relación directa con lo reportado por Auyeung, Lee, Leung, Kwok, y Woo (2014), quienes realizaron un estudio longitudinal por un periodo de 4 años en cuatro distintos grupos etarios, a saber: a) 65 – 69 años, b) 70 – 74 años, c) 75 – 79 años, y d) 80 y más años. Estas personas fueron evaluadas en su masa esquelética apendicular (i.e., masa muscular de los brazos y las piernas), fuerza de prensión de mano y velocidad de caminata. En general, tanto entre sexo y entre los rangos de edades, las mujeres mostraron una disminución más marcada en la fuerza de prensión y en la velocidad de caminata. En el caso de los hombres, también disminuyeron su fuerza de prensión de mano y la velocidad de caminata, siendo mucho más marcadas estas pérdidas después de los 75 años.

Aagaard et al. (2010) y Abellan van Kan et al. (2011), indican que con el envejecimiento se producen no solamente pérdidas de fibras musculares, sino también, la atrofia de las fibras musculares presentes, junto con un aumento de tejidos que no poseen características contráctiles, tales como la grasa y el colágeno. Beas-Jiménez et al. (2011), indican que ocurre una disminución del número de fibras y de la calidad muscular, reducción en la proliferación de células satélites, deterioro en los procesos de reparación y regeneración del músculo, deterioro de las proteínas musculares, reducción de los puentes de actina y

miosina, reducción de la cantidad de sarcómeros tanto en paralelo como en serie, resistencia al ingreso del IGF-I, infiltración de grasa en el músculo y disfunción mitocondrial.

A nivel nervioso, Edström et al. (2007), indican que el deterioro axonal tiende a iniciarse de una manera distal provocando una denervación parcial de las miofibrillas que contiene una unidad motora. Además, los procesos de reinervación axonal en edades mayores presentan problemas importantes, lo que es consecuente con una dificultad incrementada para regenerar las miofibrillas en los músculos sarcopénicos. Por su parte, Beas-Jiménez et al. (2011), indican que a nivel nervioso hay diversos mecanismos que explican el inicio de la sarcopenia. Por ejemplo, ocurre una reducción en el número de alfa motoneuronas y de unidades motoras, desmielinización, disminución en la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos y una reducción de la capacidad de activación neuromuscular. En conjunto, estos cambios afectan la contracción muscular y reducen la independencia funcional en las PAM.

Aagaard et al. (2010), encontraron que había mayores niveles de citoquinas inflamatorias TNF- α y TNF- β en PAM y que estas citoquinas podían bloquear los efectos de la IGF-I y, por ende, afectar los axones nerviosos y las moto neuronas. Schaap et al. (2009), también hallaron que el TNF- α y sus receptores solubles tenían la asociación más fuerte en la disminución del grosor muscular y la fuerza de prensión. Kadi, Charifi, Denis, y Lexell (2004), concuerdan con lo anterior, pues pareciera ser que las PAM presentan una menor cantidad de células satelitales.

Del mismo modo, Grounds (2002), indica que en el envejecimiento se produce una pérdida de neuronas motoras espinales, una disminución de la IGF-I, incrementos en el estrés oxidativo celular y una reducción en el tamaño y número de fibras musculares, que a su vez genera una pérdida importante en la producción de fuerza que incidirá negativamente en la

ejecución de actividades de la vida diaria. Además, Balagopal, Rooyackers, Adey, Ades, y Nair (1997), indicaron que en diversos análisis realizados, la disminución de la fuerza y de la masa del músculo esquelético viene precedida por una pérdida de proteína muscular.

Es de consideración el caso de la IGF-I, pues esta hormona puede incidir positivamente en la formación de músculo esquelético (Powers & Howley, 2012a), en la producción de la mielina que recubre las terminaciones nerviosas, en el aumento de la diversificación de axones y en la reparación de posibles daños a éstos, pero desafortunadamente, durante el envejecimiento su producción decae (Grounds, 2002), por lo que buscar estrategias para elevar los niveles de IGF-I durante el envejecimiento se vuelven claves.

Payette et al. (2003), encontraron en su estudio longitudinal que las PAM que poseen altas concentraciones de IGF-I presentan menor pérdida de masa libre de grasa comparadas contra las que tienen concentraciones bajas de la IGF-I, lo que implicaría mayores niveles de masa musculoesquelética. Adamo y Farrar (2006), indicaron que la IGF-I promueve la generación de proteína muscular por medio de diversos mecanismos de señalización, y Borst et al. (2001), concluyeron que la IGF-I circulante puede incidir en la ganancia de la fuerza producto del entrenamiento contra resistencia. Beas-Jiménez et al. (2011), indican que hay dos isoformas, la IGF-I y la IGF-II. La IGF-I estimula la producción de proteína en el músculo y la producción y diferenciación de mioblastos, mientras que la IGF-II favorece la diferenciación de las células satelitales.

Los incrementos en la fuerza y en la masa muscular podrían estar influenciados por las células satélites que inducen la hipertrofia de las miofibrillas maduras, además de la calidad muscular (CM), definida como la fuerza producida por la cantidad de masa muscular

presente, la cual incrementa debido al mayor reclutamiento de unidades motoras (Hunter, McCarthy, & Bamman, 2004).

Factores tales como el sueño, el ejercicio y los bajos niveles de glucosa plasmática son los que generan el estímulo para que el hipotálamo secreta hormonas que inhiben (e.g., somatostatina hipotalámica) o estimulan (e.g., hormona liberadora de la HC) la producción de la HC desde la glándula pituitaria anterior. Una vez secretada, la HC estimula la producción del IGF-I desde el hígado u otros tejidos como el músculo esquelético.

La HC es un agente anabólico muy eficaz y se ha usado en la rehabilitación de los músculos lesionados y también como un factor anabólico en pacientes adultos mayores, mientras que el IGF-I muscular está relacionado con la formación e hipertrofia de músculo esquelético, pues estimula la entrada de aminoácidos a las células, la síntesis de proteínas y el crecimiento (Brooks, Fahey, & Baldwin, 2005c; McArdle, Katch, & Katch, 2015c; Powers & Howley, 2012a; Wilmore, Costill, & Kenney, 2008b).

5.6.3. Evaluación

Para realizar una evaluación lo más precisa posible y minimizar el riesgo de sesgos en la determinación de la sarcopenia, se deberá garantizar que se mide la masa muscular dejando de lado otros posibles tejidos e instrumentos de medición que puedan confundir lo que se está tratando de medir, por lo que se busca que los métodos de medición sean válidos, estandarizados, confiables y exactos (Abellan van Kan et al., 2011). Beudart et al. (2014), indican que actualmente se cuenta con tres métodos para evaluar la masa magra apendicular (MMA), a saber, técnicas de imagen corporal, bioimpedancia (BIA) y mediciones antropométricas; sin embargo, no recomiendan las mediciones antropométricas pues al no estar validadas para PAM pueden inducir a errores.

Con respecto a las pruebas de laboratorio, Abellan van Kan et al. (2011), mencionan la absorciometría dual de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés), BIA, imágenes de resonancia magnética (IRM) y tomografía axial computarizada (TAC). Cruz-Jentoft et al. (2010), enfatizaron las recomendaciones emanadas del European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP), indicando que, si bien el IRM y la TAC son los estándares oro, su alto costo los hace poco prácticos, por lo que el DXA surge como la mejor opción.

Abellan van Kan et al. (2013), consideran que para establecer un diagnóstico preciso de sarcopenia se debe evaluar la MMA, la velocidad de caminata y la fuerza de prensión de mano. De manera similar, Bauer y Sieber (2008), consideraron necesario evaluar también la fuerza de prensión de manos y velocidad de caminata o una prueba de subir gradas. Se recomienda utilizar no solo un método de evaluación, sino combinarlos para determinar de manera más precisa la sarcopenia (Bauer & Sieber, 2008). Newman et al. (2003), hallaron que poca masa muscular y un bajo nivel de área de corte transversal del músculo esquelético, se relacionan directamente con un deterioro en la producción de la fuerza.

Con respecto a las pruebas físicas, Beudart et al. (2014), mencionan que hay tres técnicas que se usan para evaluar la fuerza en la sarcopenia, la prueba de fuerza de prensión de mano, la prueba de fuerza de flexión de rodillas y la prueba de fuerza de extensión de rodillas. Sin embargo, Clark y Manini (2008), recalcan que la fuerza y el desempeño físico no están necesariamente ligados a la masa muscular, por lo que se hace necesario agregar otras evaluaciones que brinden soporte al de la evaluación de la masa muscular. Una de estas evaluaciones es la CM. Lynch et al. (1999) y Radaelli et al. (2013), concuerdan al indicar que la CM es un mejor criterio para estimar la funcionalidad de las PAM más que la masa muscular o los factores neurales por sí solos.

Lynch et al. (1999) y Radaelli et al. (2013), definen la CM como la relación existente entre la fuerza por unidad de masa muscular. Este parámetro es un mejor indicador de la función muscular en PAM más que la medición de la fuerza por sí sola, pues involucra los aportes de la masa musculoesquelética y los factores neurales sobre la fuerza. Pinto et al. (2014), elaboran aún más al indicar que la evaluación de la CM permite determinar la integridad del funcionamiento neuromuscular de las PAM, específicamente después del entrenamiento de contra resistencia.

Es importante destacar que en los estudios de Abellan van Kan et al. (2011), Auyeung et al. (2008) y Newman et al. (2003), se presentó una controversia con respecto a si la masa muscular incide o no en la producción de la fuerza, pero en ninguno de los tres estudios se evaluó la CM, lo que hubiese permitido profundizar aún más esta relación entre quienes presentan o no sarcopenia.

Cruz-Jentoft et al. (2010), indicaron que se debe evaluar la fuerza muscular, la masa muscular y la función física. Como se indicó anteriormente, la masa muscular puede ser evaluada con TAC, RM, DXA y BIA. La fuerza muscular, por su parte, puede medirse con pruebas de fuerza de prensión de manos, extensión y flexión de rodillas, y la función física, puede medirse por medio de la velocidad normal de caminata y una prueba de agilidad.

Internacionalmente, se han establecido una serie de cánones para determinar que una persona padece sarcopenia. Éstos son presentados en la tabla 1 (Muscaritoli, Lucia, & Molfino, 2013):

Tabla 1. Criterios diagnósticos actuales de sarcopenia.

	EWGSOP	ESPEN SIG	IWGS
	MMA/h ²	MMA/h ²	MMA/h ²
Baja masa muscular	≤ 7.25 kg/m ² (hombres); ≤ 5.67 kg/m ² (mujeres).	≤ 7.25 kg/m ² (hombres); ≤ 5.67 kg/m ² (mujeres).	≤ 7.23 kg/m ² (hombres); ≤ 5.67 kg/m ² (mujeres).
Baja función muscular	VC ≤ 0.8 m/s	VC ≤ 0.8 m/s	VC ≤ 0.8 m/s
Baja fuerza muscular	FP en el cuartil 25 más bajo		

Nota: EWGSOP = European Working Group on Sarcopenia in Older People; ESPEN SIG = European Society for Clinical Nutrition and Metabolism Special Interest Group on cachexia-anorexia in chronic diseases; IWGS = the International Working Group on Sarcopenia; MMA = Masa Magra Apendicular (kg); h = altura (m); VC= velocidad de caminata; FP = Fuerza de presión muscular. Tabla tomada de la Table I.—Current diagnostic criteria of sarcopenia, aparecida en la p. 773 en Muscaritoli et al. (2013).

El EWGSOP establece que, para un diagnóstico preciso de la sarcopenia, es necesario evaluar: a) la masa muscular (< 2 DE de la masa muscular promedio de adultos jóvenes), b) la fuerza muscular (30 kg hombres, 20 kg mujeres), y/o c) rendimiento físico, específicamente la prueba de caminata de 6 m. El mismo EWGSOP considera una velocidad de 0.8 m/s o menos como el umbral para catalogar a una persona con sarcopenia (Arai et al., 2014; Cruz-Jentoft et al., 2010). Por el contrario, el NIH Sarcopenia Project determinó que se debe de aplicar la prueba de fuerza de presión y esta tiene que presentar valores de < 26 kg en hombres y < 16 kg en mujeres y una MMA ajustada por IMC de < 0.789 kg/m² para hombres y < 0.512 kg/m² para mujeres (Studenski et al., 2014).

Finalmente, es necesario recalcar las indicaciones brindadas por Morley et al. (2011), las cuales establecen que las intervenciones que se consideran clínicamente significativas son

todas aquellas que permiten que las personas aumenten 50 m su distancia en la prueba de caminata de 6 min o que mejoren en al menos 0.1 m/s su velocidad de caminata, por lo que se hace necesario considerar a estas variables para evaluar el estado y evolución de la enfermedad.

5.7. Ejercicio, actividad física, deterioro muscular y cognición: interrelación

Los efectos del ejercicio físico sobre la cognición y la sarcopenia han probado ser positivos (Beas-Jiménez et al., 2011; Colcombe & Kramer, 2003; Cotman et al., 2007). De manera general, los hallazgos han mostrado que el ejercicio no sólo permite prevenir los efectos deletéreos del deterioro cognitivo relacionado con la edad y las enfermedades neurodegenerativas (Bherer et al., 2013b), sino que son categóricos en demostrar que los incrementos en la aptitud física conllevan cambios positivos en un amplio número de variables cognitivas de las PAM (Bamidis et al., 2014; Bherer et al., 2013b; Colcombe & Kramer, 2003; Etnier & Landers, 1997; Heyn et al., 2004; Hillman et al., 2008; Hötting & Röder, 2013; Kramer, Erickson, & Colcombe, 2006; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson, & Rockwood, 2001; Pereira et al., 2007; Van Boxtel et al., 1997; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui, & Covinsky, 2001). También, inciden positivamente en la ganancia de la fuerza, funcionalidad, masa muscular, anabolismo muscular y sobre la sarcopenia (Beas-Jiménez et al., 2011; Boirie, 2009; Borst, 2004; Fiatarone et al., 1990; Hunter et al., 2004; Liu et al., 2014; Rolland et al., 2008; D. R. Thomas, 2010; Visvanathan & Chapman, 2010).

Con respecto al tipo de ejercicio, Bamidis et al. (2014), indicaron en su revisión que la mayoría de las intervenciones con actividad física y ejercicio físico realizadas para mejorar la cognición se agrupaban en ejercicios aeróbicos y contra resistencia y equilibrio. En el caso

de la sarcopenia, Beas-Jiménez et al. (2011), mencionan que los ejercicios contra resistencia y los ejercicios aeróbicos son los más apropiados para mejorar esta condición. Para realizar un análisis más profundo se segmentó la evidencia en dos subcapítulos, a saber: a) ejercicio, actividad física y cognición, y b) ejercicio, actividad física y sarcopenia.

5.7.1. Ejercicio, actividad física y cognición

Kramer et al. (2006), detallaron en su revisión de literatura una relación inversa entre los niveles de actividad física y el declive cognitivo; es decir, a mayor actividad física menor deterioro cognitivo. De manera similar otros estudios indican que la práctica de la actividad física y ejercicio físico son coadyuvantes críticos en la protección contra la demencia y la enfermedad de Alzheimer a edades mayores (Fratiglioni et al., 2004; Larson et al., 2006).

A finales del siglo pasado, Spirduso y Asplund (1995), encontraron que el ejercicio físico produce efectos positivos en el flujo sanguíneo cerebral en humanos. Asimismo, las investigaciones realizadas en estudios con animales muestran categóricamente que el ejercicio mejoró el flujo sanguíneo hacia la corteza cerebral somato sensorial, aumentó la capilarización (angiogénesis) y la función de los neurotransmisores cerebrales. Estos hallazgos son sumamente importantes pues Spirduso y Asplund (1995), indicaron que a pesar de las diferencias metodológicas considerables presentadas entre las investigaciones sobre cognición y ejercicio, estos hallazgos positivos fueron de manera general consistentes entre los estudios. Otras investigaciones en animales también han sido claves dentro en el área del ejercicio y la cognición, ya que han permitido probar la existencia de angiogénesis y neurogénesis (Swain et al., 2003; van Praag, Christie, Sejnowski, & Gage, 1999; van Praag, Kempermann, & Gage, 1999; van Praag, Shubert, Zhao, & Gage, 2005).

Los estudios de intervención (causa-efecto), los de corte transversal y longitudinales demuestran y asocian una mejor aptitud cardiorrespiratoria y mayores niveles de actividad física con un mejor desempeño cognitivo y un menor deterioro cognitivo en las PAM (Bamidis et al., 2014; Bherer et al., 2013b; Hötting & Röder, 2013). Otros muestran importantes aportes a la cognición por parte de los ejercicios contra resistencia (Bamidis et al., 2014; Bherer et al., 2013b).

Colcombe et al. (2006), buscaron probar si el ejercicio aeróbico en las PAM podía aumentar el volumen cerebral en zonas proclives a padecer los efectos del deterioro por envejecimiento. Estos investigadores encontraron que las PAM que realizaron ejercicios aeróbicos mostraron cambios positivos en el volumen de la materia blanca anterior, en la materia gris del giro frontal inferior, en el cíngulo anterior y en el giro temporal superior con respecto al grupo de PAM que realizó actividades de estiramiento y tonificación. Ambos programas fueron realizados durante 6 meses, tres sesiones por semana, y 60 min por sesión.

En la revisión de literatura de Hedden y Gabrieli (2004), indicaron que el ejercicio cardiovascular refuerza la función ejecutiva, disminuye el deterioro en la corteza cerebral y en términos generales produce efectos beneficiosos en el cerebro. Holtzer, Verghese, Xue, y Lipton (2006), encontraron asociaciones positivas entre los procesos cognitivos (IQ verbal, atención ejecutiva, velocidad de atención y memoria). Xu et al. (2009), indicaron que la práctica de actividades motoras nuevas estimula la formación de las espinas dendríticas en la edad adulta; además, una reorganización rápida y durable está asociada fuertemente con el aprendizaje motor, lo que muestra la importancia de la práctica de actividad física.

Bamidis et al. (2014) y Bherer et al. (2013b), encontraron en sus revisiones de literatura que el ejercicio aeróbico aparentemente tiene efectos selectivos sobre ciertas variables cognitivas, mientras que Jedrzejewski, Lee, y Trojanowski (2007), concluyen en su

revisión de literatura que las personas físicamente activas podrían disminuir el riesgo relativo de sufrir deterioro cognitivo en la vejez pero que los resultados no son concluyentes. Sin embargo, en este estudio no se calcularon ni compararon los tamaños del efecto (TE) de los distintos tratamientos, por lo que no se sabe cuáles fueron las magnitudes de los cambios ni si existían algunos tratamientos más favorables que otros y en cuáles variables cognitivas. El TE representa la magnitud de la influencia de un tratamiento sobre una variable dependiente, lo cual permite determinar la importancia de dicha variable independiente para cambiar o no una variable de interés. Los TE se pueden interpretar como bajos (0.20 a 0.30), moderados (0.50) y altos (≥ 0.80) (Cohen, 1988).

Estos cambios sí fueron analizados por Colcombe y Kramer (2003), quienes demostraron en su metaanálisis que el ejercicio tuvo los mayores TE en las funciones ejecutivas ($g = 0.68$) que en cualquier otra función cognitiva. Asimismo, determinaron que los grupos que realizaron ejercicio mostraron TE mayores que los participantes de los grupos control en las tareas controladas ($g = 0.46$), espaciales ($g = 0.43$) y de velocidad ($g = 0.27$), por lo que sí se puede determinar un efecto de causalidad del ejercicio físico sobre las variables cognitivas estudiadas.

En ese mismo metaanálisis, Colcombe y Kramer (2003), introdujeron el tipo de entrenamiento como variable moderadora comparando los TE de los programas que combinaban ejercicios aeróbicos y contra resistencia contra los que realizaban solo ejercicios aeróbicos, hallando que los programas combinados logran mejores efectos cognitivos que los programas de solo ejercicio aeróbico (0.59 vs. 0.41). Asimismo, indagaron los TE del efecto de grupos en condiciones clínicas y de grupos sin condiciones clínicas, mostrando que el ejercicio en general produce efectos cognitivos positivos en ambos grupos ($g = 0.47$ para condiciones clínicas y $g = 0.48$ para condiciones no clínicas).

Boyle, Buchman, Wilson, Leurgans, y Bennett (2009), buscaron determinar si existía una asociación entre el desarrollo de la fuerza muscular y el Alzheimer junto con el deterioro cognitivo leve en una muestra de 970 PAM residentes en el área metropolitana de Chicago, EE. UU. Los autores encontraron que había una disminución de aproximadamente un 43% en el riesgo de desarrollar Alzheimer por cada unidad de incremento en la fuerza muscular ($IC_{95\%} = 0.41, 0.79$). Además, en este mismo estudio, los autores señalaron que como el deterioro cognitivo leve es un predictor claro para el inicio del Alzheimer, querían ver por consiguiente si la fuerza muscular se asociaba también con el deterioro cognitivo leve. El modelo de análisis utilizado se ajustó por edad, sexo y educación y se encontró que la fuerza muscular estaba significativamente asociada con el riesgo de padecer deterioro cognitivo leve ($IC_{95\%} = 0.54, 0.84$).

El deterioro cognitivo leve se define como aquel deterioro cognitivo mayor al esperado considerando la edad y el nivel educativo de las personas, pero que tiene la particularidad de no incidir negativamente en la mayoría de las actividades de la vida diaria (Ballesteros, Mayas, & Reales, 2013). Sin embargo, es crítico conocer su estado pues tiende a oscilar entre un estado cognitivamente normal hasta uno de principios de demencia (Albert, Tabert, Dienstag, Pelton, & Devanand, 2002), por lo que se debe de estar atento a cualquier disminución que se presente.

Boyle, Buchman, Wilson, Leurgans, y Bennett (2010), trataron de probar la hipótesis de que la fragilidad física está asociada con un mayor riesgo de padecer deterioro cognitivo leve. Este fue un estudio prospectivo de cohorte en varias comunidades de la ciudad de Chicago, en el que se evaluaron 761 PAM durante 12 años, con mediciones anuales durante todo el proceso de seguimiento. Para probar la hipótesis, los autores evaluaron la fuerza de prensión de mano, tiempo de caminata, composición corporal, fatiga y cognición. Los

resultados mostraron una asociación significativa entre la fragilidad física y un mayor riesgo de padecer deterioro cognitivo leve, teniendo que por cada unidad en que se incrementaba la fragilidad física aumentaba 63% el riesgo de padecer deterioro cognitivo leve (IC95% = 1.27, 2.08). También se determinó que una alta fragilidad física se asoció significativamente con un mayor riesgo por declive cognitivo global y un declive en las memorias episódica, semántica y de trabajo, así como en la velocidad perceptual y en las habilidades viso espaciales. Del mismo modo, Hughes, Chang, Vander Bilt, Snitz, y Ganguli (2012), encontraron que con solo tener un deterioro cognitivo leve ya van a existir limitaciones importantes para realizar actividades instrumentales de la vida diaria.

5.7.2. Ejercicio físico, actividad física y deterioro muscular

Con respecto a los beneficios del ejercicio y la actividad física sobre la masa muscular, Atherton et al. (2005) y Visvanathan y Chapman (2010), hallaron que el ejercicio aeróbico produjo cambios en la conformación de la fibra muscular pero no produjo un aumento del tamaño de la fibra, que si se observaron con el ejercicio contra resistencia, el cual elevó la síntesis de proteína muscular, generando por consiguiente una hipertrofia. Los investigadores concluyeron que el ejercicio aeróbico no muestra efectos contundentes y que no permite ver su impacto real sobre factores que inciden sobre la masa muscular (como ocurre por ejemplo con la sarcopenia), mientras que el ejercicio contra resistencia brinda mejores beneficios que el ejercicio aeróbico en cuanto al mantenimiento del sistema músculo esquelético, vital entre otras cosas para PAM con sarcopenia. Aagaard et al. (2010) y Liu-Ambrose y Donaldson (2009), apoyan lo anterior, indicando que si bien el impacto funcional de estas dos modalidades de ejercicio no se ha estudiado exhaustivamente, si manifiestan que el ejercicio contra resistencia obtiene mejores resultados que el ejercicio aeróbico en cuanto

al fortalecimiento de la masa muscular, a las adaptaciones neuromusculares y a la regulación de la sarcopenia.

Aunque el entrenamiento de ejercicios contra resistencia disminuye el proceso de pérdida de masa muscular, se ha observado que incluso si las PAM trabajan con cargas altas el proceso de deterioro de la masa muscular es continuo (Adamo & Farrar, 2006). Aun así, diversos estudios muestran de manera consistente que el entrenamiento contra resistencia permite mejorar la fuerza máxima en PAM (Barry, Warman, & Carson, 2005; Caserotti et al., 2008). Además, incide positivamente en el desempeño de las actividades de la vida diaria y mejora los factores de riesgo funcionales y fisiológicos de las PAM (Beyer et al., 2007; Caserotti et al., 2008), por lo que se deberían de realizar durante toda la vida (Adamo & Farrar, 2006).

Considerando el rápido aumento de la población adulta mayor en un futuro muy cercano y la necesidad de evitar que se recarguen los sistemas de salud pública, es que se observa la necesidad de disminuir el deterioro funcional de las PAM por medio del diseño de programas de intervención que mejoren la masa muscular y la función muscular (Abellan van Kan et al., 2011). T. E. Jones et al. (2009), indicaron que el ejercicio aeróbico retarda el declive en la fuerza muscular y los cambios en el tipo de fibra muscular asociados con la sarcopenia en PAM de hasta 70 años de edad; pero Beas-Jiménez et al. (2011), fueron categóricos al citar que es el ejercicio contra resistencia el que cambia el estado de inflamación, la apoptosis y la regeneración de la fibra muscular.

Anteriormente se habían citado los hallazgos de Aagaard et al. (2010) y Schaap et al. (2009), quienes relacionaron mayores niveles de citoquinas inflamatorias TNF- α , TNF- β y sus receptores solubles obstruían los efectos de la IGF-I y así, podían afectar los axones nerviosos y las moto neuronas. A su vez, estos factores estaban fuertemente asociados con la

disminución del grosor muscular y la fuerza de prensión en PAM. Sin embargo, Nicklas y Brinkley (2009), indicaron que el ejercicio contra resistencia produjo disminuciones importantes en el ARNm del TNF- α en hombres y mujeres adultas mayores frágiles. Del mismo modo, una disminución de la inflamación dada por una reducción en la grasa intra muscular producto del ejercicio contra resistencia, se visualiza como otro de los posibles mecanismos que inciden sobre la inflamación (Beas-Jiménez et al., 2011).

5.7.3. Ejercicio, cognición y deterioro muscular: Conexiones

La revisión bibliográfica elaborada para preparar este documento permitió encontrar múltiples beneficios del ejercicio contra resistencia, no solo sobre la sarcopenia, sino también sobre la cognición de las PAM. Esto es un factor crítico a considerar durante el proceso de envejecimiento, ya que este conlleva a una pérdida de la funcionalidad por un deterioro del SNC y del sistema muscular, pero los estudios realizados en el campo del entrenamiento contra resistencia han mostrado como las PAM pueden mejorar sustancialmente la fuerza muscular y la funcionalidad física (Aagaard et al., 2010).

Con respecto a la cognición, un estudio elaborado por Abellan van Kan et al. (2013), se mostró que la asociación significativa entre el rendimiento físico y el deterioro cognitivo no está siendo modulada por la sarcopenia, aun considerando la sarcopenia desde seis distintas definiciones. Liu-Ambrose y Donaldson (2009), previamente indicaron que el ejercicio contra resistencia podría prevenir el deterioro cognitivo a través de los mecanismos del IGF-I y también por el de la homocisteína.

La actividad física regular incide positivamente sobre la cognición; sin embargo, a futuro es importante indagar sobre la dosificación y los tipos de ejercicios que pueden llegar a producir mejoras importantes en la cognición de las PAM (Bherer, Erickson, & Liu-

Ambrose, 2013a; Bherer et al., 2013b; Colcombe & Kramer, 2003) en aras de dilucidar los mecanismos fisiológicos que están involucrados en la cognición (Bherer et al., 2013b).

Del mismo modo, Auyeung et al. (2008), buscaron determinar si existían relaciones entre la función física y la función cognitiva para probar la hipótesis de si la función cognitiva deteriorada estaba asociada a una mala función física independientemente de la masa muscular. Los investigadores encontraron que hombres y mujeres PAM con déficit cognitivo tenían menor fuerza de prensión, velocidad de caminata y fuerza de piernas que las PAM que no presentaban déficit cognitivo, aún incluso después de haber ajustado los análisis por la edad, MMA, Escala de Actividad Física para Personas Adultas Mayores (PACE) y comorbilidades asociadas en las tres pruebas. Por lo anterior, Auyeung et al. (2008), concluyeron que el declive funcional producto de la demencia podría estar relacionado con factores que producen un deterioro cognitivo independientemente del grado de sarcopenia presente; sin embargo, estos autores no consideraron la función física y la fuerza física como componentes directos de la sarcopenia como bien lo estipulan las definiciones actuales (Abellan van Kan et al., 2011; Batsis et al., 2014; Choi, 2013; Morley et al., 2011), por lo que en realidad estos resultados podrían estar soportando la idea de que existe una sarcopenia subyacente en los casos de deterioro cognitivo.

Si bien Bamidis et al. (2014), manifiestan que las intervenciones basadas en ejercicio físico y las intervenciones cognitivas producen mejores efectos al trabajarse de manera combinada que aislada, la situación cambia cuando se debe de tratar a una PAM con sarcopenia, pues producto de su fragilidad no podrá realizar cualquier tipo de actividad, por lo que debería de cuidarse el tipo de ejercicio que se recomienda.

Con base en lo anterior, y dado el impacto a nivel de los sistemas de salud y la calidad de vida que producirán tanto la sarcopenia como el deterioro cognitivo, es que muchos

estudios evalúan los efectos del ejercicio sobre la cognición y la sarcopenia de manera separada y los posibles efectos positivos de los programas de contra resistencia sobre la sarcopenia y la cognición. Por tales motivos, se realizó la presente investigación.

6. Objetivos e Hipótesis

6.1. Objetivos

6.1.1. Objetivo Principal

Determinar cuál es el efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la masa y la fuerza muscular, la función física, la cognición y el factor de crecimiento insulínico tipo I de mujeres adultas mayores.

6.1.2. Objetivos Secundarios

- a. Determinar los cambios en la masa intramuscular libre de grasa (MILG), fuerza muscular, grosor muscular (GM) y la calidad muscular (CM) entre el grupo experimental y el grupo control después de la intervención.
- b. Determinar los cambios en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad entre el grupo experimental y el grupo control después de la intervención.
- c. Establecer los cambios en la memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental y memoria de trabajo en el grupo experimental y control después de la intervención.
- d. Conocer si el factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I) cambia en el grupo experimental y el grupo control después de la intervención.

6.2. Hipótesis

- a. H_1 : No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la MILG, fuerza muscular, GM y la CM de la primera medición (pre test) y la segunda medición (post test) tanto en el grupo control como el experimental.
- b. H_2 : Existirán diferencias estadísticamente significativas en la MILG, fuerza muscular, GM y la CM de la primera medición (pre test) a la última medición (post test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

- c. H₃: No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad de la primera medición (pre test) y la segunda medición (post test) tanto en el grupo control como el experimental.
- d. H₄: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad de la primera medición (pre test) a la última medición (post test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.
- e. H₅: No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental y memoria de trabajo de la primera medición (pre test) y la segunda medición (post test) tanto en el grupo control como el experimental.
- f. H₆: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental y memoria de trabajo de la primera medición (pre test) a la última medición (post test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.
- g. H₇: Existirán diferencias estadísticamente significativas en el IGF-I de la primera medición (pre test) a la última medición (post test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

7. Metodología

7.1. Diseño del estudio

El diseño de la investigación fue experimental, con asignación aleatoria de las participantes a un grupo control o a un grupo experimental. Las participantes fueron medidas antes (pre test) y después (post test) de la intervención (Campbell & Stanley, 1963). El esquema del diseño se muestra a continuación:

R	G₁	O₁		O₂
R	G₂	O₁	X	O₂

En donde, R: aleatorización; G₁: Grupo Control; G₂: Grupo Experimental; O: Mediciones; X: Tratamiento.

7.2. Participantes

Las participantes del estudio fueron 26 mujeres adultas mayores entre los 65 y los 80 años. Se excluyeron a todas aquellas quienes no poseían al menos una agudeza visual de 20/20 con ayuda de anteojos, con sordera y dificultad para escuchar y seguir órdenes aún con audífonos, así como quienes obtuvieran en el *Mini Mental Test* un puntaje menor a 24, lo que indicaba que tenían un posible déficit cognitivo de consideración que les podía impedir seguir las indicaciones de los distintos instrumentos de evaluación.

7.3. Instrumentos de Medición

Auyeung et al. (2008), expresaron que las pruebas físicas que implican función de la masa musculoesquelética muestran una relación entre los que tienen mal desempeño físico junto con un deterioro cognitivo, por consiguiente, todas las pruebas que se seleccionaron a continuación reúnen los criterios indicados por estos autores.

7.3.1. Pruebas de estructura y funcionamiento muscular

7.3.1.1. Masa intramuscular libre de grasa

Para obtener la MILG se utilizó la fórmula de J. Kim et al. (2004), en la que se primero se mide la composición corporal regional para obtener la MMA para estimar la cantidad de MILG. Para medir la composición corporal, se utilizó un equipo de DXA marca General Electric enCORE 2011[®] (software versión 13.6, Wisconsin, USA). El software del DXA brindó la cantidad de MMA, grasa y densidad mineral ósea para todo el cuerpo y para segmentos corporales específicos. Según se indicó en el protocolo, se debían de aislar los apéndices del tronco y la cabeza usando las líneas estándar generadas por computadora que posee el DXA, ajustando manualmente la vista del plano anterior. Además, se usaron marcas anatómicas para identificar los brazos y las piernas. La sumatoria de la MMA fue introducida en la ecuación de J. Kim et al. (2004): $MILG (kg) = -1.65 + 1.19 (MMA \text{ en kg}) \pm 1.46 \text{ kg}$.

7.3.1.2. Fuerza muscular

Para obtener la fuerza muscular se utilizó una evaluación submáxima por medio del método del fallo muscular concéntrico, el cual tenía más ventajas prácticas y funcionales para la valoración de la fuerza. El procedimiento consistió en asignar una determinada carga y pedirle a la participante que completara el máximo de repeticiones hasta que ocurriera una de dos situaciones: a) que se perdiera la técnica de ejecución del movimiento, o b) que se llegara al fallo muscular. Posteriormente, para la determinación del 8 RM se utilizaron tablas predictivas estandarizadas para determinar el peso correspondiente a 8 RM American College of Sports Medicine (2018a). Es importante destacar que, al ser personas adultas mayores sin experiencia en entrenamiento contra resistencia, requerían una fase de familiarización previa a levantar pesos más elevados. Así, en este periodo realizaron

ejercicios de familiarización con las máquinas; primero sin peso, y después con un peso que las participantes sintieran muy liviano para que aprendieran la técnica correcta, a la velocidad requerida y regulando las fases de inhalación y exhalación en cada repetición.

Una vez cumplida esta fase, se aplicaron las pruebas de fuerza en los ejercicios establecidos previamente. Antes de efectuar las pruebas musculares, las participantes realizaron un calentamiento de 10 min en una bicicleta estacionaria, posterior a lo cual, iniciaron las pruebas de fuerza sin hacer un estiramiento previo. La razón de esto es que se ha mostrado consistentemente que el estiramiento produce una disminución en la producción de fuerza (Lloyd & Faigenbaum, 2018).

Posterior al calentamiento, se determinó el 8 RM en un lapso no mayor de 4 intentos, realizando descansos de 3 a 5 min entre series. El peso inicial se estableció a una intensidad percibida por el participante de entre ~50% al ~70% de la capacidad individual. Asimismo, se tuvo que elevar la carga de manera progresiva de 2.5 kg a 20 kg hasta que las personas perdieran la técnica o llegaran al fallo muscular concéntrico. En todo momento se les recordó a las participantes que debían realizar la prueba tratando de mantener la misma velocidad del movimiento en todas las pruebas. Al final, se anotó el último peso que las participantes pudieron levantar exitosamente (American College of Sports Medicine, 2010). Cabe agregar que en esta prueba se evaluaron los ejercicios de extensión de rodillas, flexión de rodillas, press de pecho, aducción de caderas, abducción de caderas, remo horizontal espalda y press de piernas.

7.3.1.3. Grosor Muscular

El grosor muscular (GM) se obtuvo siguiendo el protocolo establecido por Pinto et al. (2014), en el cual las participantes tenían que acostarse en posición supina con la pierna

dominante extendida y mantenida relajada por un lapso de 10 min para favorecer la trayectoria normal de los fluidos corporales. De este modo, para poder evaluar el grosor de los músculos extensores de la rodilla, se utilizó un sistema de ultrasonido marca ACUSON X300 PE (Siemens, Alemania), con un transductor lineal VF8-3 con un amplitud de frecuencias entre los 2.5 a los 10 MHz, lo que permitió seleccionar una frecuencia de 7.5 MHz tal y como fue utilizada previamente por Pinto et al. (2014).

Con el propósito de estandarizar las valoraciones y reducir el error de medición, un único evaluador entrenado realizó toda la secuencia de medición que se detalla a continuación. El dispositivo del ultrasonido se colocó perpendicularmente al vasto lateral (VL), vasto medial (VM), vasto interno (VI) y recto femoral (RF) para obtener las mediciones; a cada zona a evaluar se le aplicó un gel a base de agua para mejorar el contacto acústico entre la piel y el transductor. Los puntos de medición se seleccionaron de la siguiente manera: a) VL, punto medio entre el trocánter mayor y el epicóndilo lateral del fémur, b) VM, al 30% de la distancia del epicóndilo lateral del fémur al trocánter mayor, c) VI, dos tercios de la distancia del trocánter mayor del fémur al epicóndilo lateral y a 3 cm lateral a la línea media del miembro. Posteriormente, se ubicó el tejido adiposo subcutáneo junto con el tejido óseo, y la distancia entre estos es lo que se denominó el grosor muscular (GM). De este modo, para obtener el GM del cuádriceps femoral (CF), se sumaron los 4 grosores de los músculos: $CF_{GM} = VL + VM + VI + RF$ (Pinto et al., 2014). El coeficiente de correlación intraclase (ICC) para estas mediciones reportado por estos autores es ≥ 0.97 .

7.3.1.4. Calidad Muscular

La CM se expresa como la fuerza generada por unidad de masa muscular. Si bien Pinto et al. (2014), usan 1 RM para la fórmula del cálculo de la CM, el American College of

Sports Medicine (2010), recomienda utilizar 4, 6 u 8 RM, pues es la cantidad de repeticiones que en general van a ejecutar las personas durante un entrenamiento, lo que hace que 1 RM sea poco práctico y realista. Por consiguiente, se usó la fórmula indicada por Pinto et al. (2014), pero cambiando 1 RM por 8 RM con base en las indicaciones del American College of Sports Medicine (2010), quedando la fórmula de la siguiente manera: $CM = \text{valor de 8 RM (kg) de la pierna dominante} / CF_{GM} \text{ (mm) de la pierna dominante}$

7.3.2. Pruebas físicas funcionales

7.3.2.1. Prueba de levantarse y sentarse durante 30 s

Para ejecutar la prueba de levantarse y sentarse de una silla durante 30 s (LSS-30s), se usó una silla de 43 cm de altura, la cual se apoyó contra una pared. Se le pidió a la participante que se sentara a la mitad de la silla, con las piernas al ancho de los hombros, espalda recta, pies totalmente apoyados en el suelo y con los brazos cruzados sobre su pecho. Previo a iniciar la prueba, se explicó y se ejemplificó la prueba primero de manera lenta, indicándole a la participante que se debía levantar y sentar totalmente para que el intento fuera contado como una ejecución válida. Después, la persona instructora ejecutó rápidamente para que la participante comprendiera que lo debía realizar tan rápido como le fuera posible. Posteriormente, se le pidió a la ejecutante que realizara uno o dos intentos de práctica para observar la correcta ejecución del movimiento y, además, para observar si sentía alguna molestia o reportaba algún problema al momento de ejecutar los movimientos. Acto seguido se le indicó que ejecutara los movimientos lo más rápido que pudiera durante 30 s y se anotó la cantidad de veces que se puso de pie durante ese tiempo (Rikli & Jones, 2013d).

7.3.2.2. Prueba de agilidad

Esta prueba buscaba determinar el tiempo en que la participante lograba recorrer una distancia de 2.44 m ida y vuelta (“Levantarse y andar 2.44 m o “8-Foot Up-and-Go Test” por su nombre original en inglés). Antes de empezar con la prueba, se debieron garantizar los criterios básicos de seguridad; es decir, la silla de 43 cm fue apoyada contra la pared y un suelo antideslizante. Se necesitó una cinta métrica, cinta adhesiva y un cono de plástico. Para colocar el cono a los 2.44 m se tenía que tomar la medida desde el borde frontal de la silla; una vez tomada la medida, se marcó en el suelo los 2.44 m con un trozo de cinta adhesiva y se colocó el cono de plástico.

Se le explicó a la participante que debía hacer la prueba a la máxima velocidad, que debía sentarse cerca del borde de la silla y sin apoyarse con las manos al levantarse. Se le brindó un intento de práctica y después se le dieron otros tres intentos que valían como pruebas, pero solo se tomó en cuenta el menor tiempo de los dos intentos. Así, a la indicación de “¡lista!...¡ya!” se accionó un cronómetro y la participante se levantó de la silla, recorrió la distancia de los 2.44 m hasta el cono de plástico, lo bordeó y retornó inmediatamente a la silla. El cronómetro se detuvo cuando la participante tocó la silla y se anotó el tiempo en segundos y décimas de segundo (Rikli & Jones, 2013d).

7.3.3. Pruebas cognitivas

Para establecer estándares de comparación con los resultados de otras investigaciones y considerando la escasa cantidad de estudios en el área de la presente, se tomaron como referencia las pruebas escogidas por Cassilhas et al. (2007) y Liu-Ambrose et al. (2010), sobre memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención, flexibilidad mental y

memoria de trabajo, utilizando para esto el *Test de Corsi*, las pruebas *Trail Making Test A* y *Trail Making Test B* y el *Digit Span Forward y Backward Test*.

7.3.3.1. Memoria de corto plazo

La memoria a corto plazo se midió con el *Test de Corsi* (Corsi, 1972). En esta prueba, a la participante se le presenta una secuencia de cubos que deberá repetir exactamente de la forma en la que el evaluador la mostró. El puntaje de la prueba consiste en la cantidad de aciertos que tuvo la participante.

7.3.3.2. Velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental

Para evaluar estas dos áreas se utilizaron el *Trail Making Test A* y el *Trail Making Test B*. La parte A de este test mide la velocidad psicomotora (Liu-Ambrose et al., 2010) y la atención focalizada (Ortega-Araya, 2013). En esta prueba se necesitó que las participantes trazaran una línea conectando todos los números que estaban encerrados en un círculo; y lo debían de hacer secuencialmente en orden ascendente, es decir trazando una línea del 1 al 2, del 2 al 3, y así sucesivamente para un total de números del 1 al 25. De este modo, el evaluador anotó el tiempo en segundos y centésimas de segundo que tardaron las participantes en conectar todos los números.

La parte B mide la flexibilidad mental en las funciones ejecutivas (Ortega-Araya, 2013), para lo cual se solicitó a las participantes que trazaran una línea de manera alterna y que relacionaran en orden los números del 1 al 13 y las letras de la A a la L de la siguiente forma: 1 con A, A con 2, 2 con B, y así sucesivamente. A las participantes se les pidió que lo ejecutaran a la mayor velocidad posible y el evaluador anotó el tiempo en segundos y centésimas de segundo que duraron en completar la prueba (Liu-Ambrose et al., 2010; Ortega-Araya, 2013).

7.3.3.3. Memoria de trabajo

Para evaluar la memoria de trabajo se utilizaron las pruebas *Digit Span Forward* y *Digit Span Backward*. Ambos tests contienen dos grupos de 7 secuencias de números aleatorios del 1 al 9, los cuales son leídos por el evaluador a una velocidad de 1 número por segundo. Se inició con una secuencia de 3 números y cada vez que las participantes repitieron la secuencia correcta, se les indicó una nueva secuencia, pero con 4 números, luego con 5 números, y así sucesivamente hasta que la persona alcanzó a repetir una secuencia de 9 números seguidos. La prueba finalizó cuando la persona fallaba en repetir 2 secuencias de la misma longitud. El puntaje asignado iba desde 0 a 14 y se otorgó dependiendo del número de secuencias repetidas de forma correcta (Liu-Ambrose et al., 2010).

La diferencia entre la versión *Forward* y la *Backward* es que en la *forward* las participantes tenían que repetir los números en el orden en el que se les indicó (e.g., se les decía 7, 3, 6 y la persona repetía 7, 3, 6) y en la *Backward* repetían la secuencia de números en el orden inverso (e.g., se les decía 5, 9, 1 y la persona debía decir 1, 9, 5) (Liu-Ambrose et al., 2010).

7.3.4. Prueba bioquímica sanguínea

7.3.4.1. Factor de crecimiento insulínico tipo I

Para evaluar el IGF-I se utilizó la técnica del ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas, conocido como ELISA (acrónimo del inglés Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay). Se utilizó un kit comercial para detección de IGF-I en Humanos CD Creative Diagnostics® (2015), un lector de microplacas RT-2100C (Rayto, China) y un lavador de

microplacas RT-2600C (Rayto, China) para analizar las muestras de sangre de los participantes.

Las muestras de sangre venosa periférica de cada participante fueron obtenidas en la primera visita al gimnasio y luego de 8 semanas de duración del estudio. Se utilizaron 2 tubos rojos de 7 ml marca BD Vacutainer® (Becton, Dickinson, Franklin Lakes, NJ), sin ningún tipo de aditivo en cada muestreo. Las muestras de sangre se obtuvieron luego de que la participante estuviera sentada en la silla para flebotomía en completo reposo durante 5 min, en horas de la mañana y en ayunas. El sangrado y recolección de muestras fue obtenido siguiendo prácticas estándar.

La muestra de sangre se dejó coagular aproximadamente 15 min y se obtuvo el suero por centrifugación a 3500 rpm durante 15 min (ARL Labsouth, 7090, ARL Alabama Reference Laboratories Inc., Montgomery, AL). Pequeñas porciones de suero se transfirieron a tubos ependdorf por pipeteo, los cuales se guardaron a una temperatura de -80°C para el posterior análisis de IGF-I. El coeficiente de variación intra ensayo fue de 0.5%. Todas las muestras de todas las participantes se analizaron en un mismo momento. Previo al análisis de las muestras de sangre, se realizó el calibrado del equipo siguiendo las indicaciones del fabricante.

7.4. Procedimientos

Para realizar la investigación, se procedió a obtener la aprobación del Comité de Bioética Institucional de la Universidad Nacional y de la Junta de Jubilados del Colegio de Licenciados y Profesores en Filosofía, Artes y Letras (COLYPRO). Una vez obtenidas las aprobaciones respectivas, se explicaron los objetivos de la investigación a las posibles

candidatas del estudio. Quienes aceptaron participar leyeron y firmaron el formulario de Consentimiento Informado y de inmediato se les aplicaron las pruebas de selección.

Las voluntarias que aprobaron el proceso de selección fueron informadas, así como quienes no cumplieron con los criterios de inclusión en el estudio. Las participantes fueron divididas al azar en dos grupos: a) Grupo control (ejercicios de stretching, Tai Chi) y, b) Grupo experimental (ejercicios contra resistencia).

Ambos grupos trabajaron dos sesiones por semana (2 veces/semana), 40 min por sesión durante 8 semanas. El Grupo experimental realizó un calentamiento de 10 min en cicloergómetro, se ejercitó a un 70% de los valores obtenidos en la prueba de 8 RM para los ejercicios de extensión y flexión de rodillas, press de pecho vertical sentado, aducción y abducción de caderas, remo cerrado sentado press de piernas. Tanto el programa del Grupo control (estiramiento, Tai Chi) como el del Grupo experimental (ejercicios contra resistencia) fueron elaborados, implementados y supervisados semanalmente por especialistas certificados en promoción de la salud y en contra resistencia, para asegurarse que se mantuvieran dentro de los parámetros de seguridad y calidad establecidos. Así, al inicio del programa (semana 1) y al final del mismo (semana 8), a los participantes se les realizaron las mediciones de todos los test establecidos previamente; es decir, las pruebas musculares, las pruebas físicas funcionales, las pruebas cognitivas y la prueba bioquímica sanguínea. Solo al grupo experimental se le evaluó otra vez las pruebas de fuerza a la mitad del programa (semana 4) para ajustar las cargas de trabajo. De este modo, el Grupo experimental las semanas 1 y 2 realizó los ejercicios anteriormente indicados en 2 series de 8 repeticiones, con un descanso de 1 min 30 s entre series y 3 min entre ejercicios, mientras que en las semanas 3 y 4, efectuó las mismas 2 series, pero con 10 repeticiones por ejercicio, manteniendo los mismos descansos entre ejercicios y entre series. Las semanas 5 y 6 el Grupo

experimental repitió la dosificación de las semanas 1 y 2 y las semanas 7 y 8 repitió la dosificación de las semanas 3 y 4, recordando nuevamente que en el medio del programa (semana 4), se volvieron a realizar las pruebas de fuerza en todos los ejercicios para tener los ajustes respectivos en los pesos. Una vez recabada la información, esta se tabuló para proceder con los análisis estadísticos.

4.1. Análisis Estadístico

El análisis de datos se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 24.0 (Armonk, NY). Se obtuvieron las estadísticas descriptivas ($M \pm DE$) de las variables demográficas y antropométricas (i.e., edad, peso, estatura, IMC, masa magra, tejido magro, contenido mineral óseo (CMO), densidad mineral ósea (DMO), musculares (i.e., MILG, fuerza muscular, grosor muscular, CM), pruebas físicas funcionales (i.e., LSS-30-s, agilidad), cognitivas (i.e., ME-CP, MTV-CP, memoria de trabajo, VPA, flexibilidad mental), e IGF-I.

Se calcularon pruebas de ANOVA de 2 (grupos) x 2 (mediciones) para las variables demográficas y antropométricas, musculares, pruebas físicas funcionales e IGF-I. Se calcularon correlaciones de Pearson entre la edad y los años de escolaridad para determinar si procedía aplicar pruebas de ANCOVA de 2 (grupos) x 2 (mediciones), utilizando la edad y la escolaridad como covariables debido a que existe evidencia con respecto a su influencia en procesos cognitivos (Lipnicki et al., 2017; Reas et al., 2017; Vasquez, Botoseneanu, Bennett, & Shaw, 2015). Se realizaron análisis post-hoc de efectos simples y cuando las interacciones de las pruebas de ANOVA y ANCOVA fueron significativas a $p < 0.05$.

Se calculó el TE d de Cohen con la fórmula $d = M_1 - M_2 / DE$ ponderada, en donde M es la media de cada grupo, y la DE ponderada es $\sqrt{[(DE_1^2 + DE_2^2) / 2]}$ (Cohen, 1988). Los TE de Cohen fueron interpretados como bajos (0.2 a 0.3), moderados (0.5) y altos (≥ 0.8) (Cohen, 1988). Se calculó el TE con la fórmula de J. R. Thomas y French (1986) $TE = (Media G_1 - Media G_2) / DE$ control, pues se tienen los grupos experimental y control y además, se asumen varianzas diferentes, por lo que se recomienda usar la DE del control. Posteriormente, al TE se le debe realizar un ajuste en la fórmula, así, el factor de corrección (c) se calcula $c = 1 - [3 / (4 \times m - 1)]$, en donde $m = n G_1 + n G_2 - 2$ para el caso del TE entre grupos y $m = n G_1 - 1$ para el caso intra grupo. Finalmente, para obtener el TE corregido, se aplica la fórmula $TEc = TE \times c$.

8. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los análisis estadísticos. Para mayor orden, primero se presentará la estadística descriptiva, seguida de los hallazgos de la estadística inferencial para las variables demográficas y antropométricas, musculares, pruebas físicas funcionales, cognitivas, e IGF-I.

8.1. Descripción de las participantes

En la tabla 2, se presentan las estadísticas descriptivas de las participantes del estudio en ambos grupos de tratamiento.

Las participantes fueron reclutadas de una base de datos que tenía la Junta de Jubilados de COLYPRO. Las participantes (excepto dos) provenían de sectores de Alajuela y Heredia cercanos al Centro de Recreo de COLYPRO localizado en Desamparados de Alajuela.

Todas laboraron como maestras y profesoras a nivel escolar y colegial y su formación académica oscila entre profesorado y doctorado, (de 4 a 10 años de preparación universitaria).

La prueba t-student para muestras independientes, indicó que los grupos eran similares en cuanto a su edad ($p = 0.671$). Las pruebas de ANOVA de 2 vías mixtas no indicaron interacciones significativas en las variables mostradas en la tabla 2 (todas las $p > 0.05$).

Tabla 2. Estadística descriptiva de las adultas mayores del grupo control y experimental. Los valores representan la media \pm DE.

Variable	Grupo control (n = 14)		Grupo Experimental (n = 12)	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Edad (años)	68.79 \pm 3.7	-	69.29 \pm 2.52	-
Peso (kg)	68.05 \pm 10.1	68.13 \pm 9.96	64.2 \pm 13.2	64.2 \pm 13.5
Estatura (cm)	158.4 \pm 5.0	158.4 \pm 5.0	156.3 \pm 4.6	156.3 \pm 4.6
IMC (kg/m ²)	27.7 \pm 3.5	27.4 \pm 3.3	26.0 \pm 4.7	26.1 \pm 5.0
Masa grasa (%)	44.2 \pm 3.7	44.4 \pm 2.8	41.9 \pm 8.1	41.4 \pm 8.0
Magro (g x 10 ⁻³)	36.6 \pm 4.4	36.5 \pm 4.3	35.3 \pm 4.4	35.7 \pm 4.7
CMO (g)	2190.6 \pm 374.7	2198.4 \pm 399.9	2068.5 \pm 420.4	2041.0 \pm 385.3
DMO (g/cm ²)	789.1 \pm 523.9	790.3 \pm 525.2	823.6 \pm 499.2	822.0 \pm 498.8

Nota: IMC: índice de masa corporal; CMO: contenido mineral óseo; DMO: densidad mineral ósea.

8.2. Funcionamiento muscular

A continuación, se presentan los análisis inferenciales aplicados a las pruebas de funcionamiento muscular previo y posterior a la intervención. La estadística descriptiva de las pruebas se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Estadística descriptiva de las pruebas musculares aplicadas a adultas mayores en función del grupo experimental. Los valores representan la media \pm DE.

Variable	Grupo control (n = 14)		Grupo Experimental (n = 12)	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
MILG (kg)	16.9 \pm 2.6	16.7 \pm 2.7	15.8 \pm 2.3	15.8 \pm 2.5
Fuerza muscular (kg)				
Extensión de rodillas	43.1 \pm 5.7	47.9 \pm 8.6	39.9 \pm 10.2	52.3 \pm 9.4
Flexión de rodillas	36.8 \pm 6.5	41.0 \pm 9.3	36.4 \pm 7.7	53.9 \pm 14.1
Press pecho sentado	39.9 \pm 5.9	42.6 \pm 9.1	32.8 \pm 7.5	52.3 \pm 16.1
Remo espalda	38.0 \pm 4.2	39.4 \pm 4.6	34.7 \pm 4.4	45.5 \pm 10.4
Aducción de caderas	34.6 \pm 8.5	37.8 \pm 6.7	33.0 \pm 7.4	47.1 \pm 12.8
Abducción de caderas	29.5 \pm 7.2	31.4 \pm 6.6	30.8 \pm 9.1	35.6 \pm 9.1
Prensa de piernas	65.6 \pm 21.3	74.6 \pm 17.1	67.1 \pm 16.7	96.4 \pm 25.1
Grosor muscular (mm)				
Vasto lateral	18.4 \pm 3.0	17.9 \pm 3.6	18.0 \pm 2.8	17.7 \pm 3.8
Vasto medial	18.8 \pm 3.2	18.9 \pm 3.3	19.4 \pm 3.4	18.7 \pm 3.0
Vasto interno	10.0 \pm 1.6	8.8 \pm 2.2	9.9 \pm 1.7	10.0 \pm 2.6
Recto femoral	13.9 \pm 3.2	16.8 \pm 2.8	13.9 \pm 2.2	16.7 \pm 3.4
Total CF	61.1 \pm 7.5	62.4 \pm 8.7	61.2 \pm 6.7	63.1 \pm 8.8
Calidad muscular (kg/mm)	0.6 \pm 0.3	0.7 \pm 0.3	0.7 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1

Nota: MILG: masa intramuscular libre de grasa estimada de acuerdo con la ecuación de J.

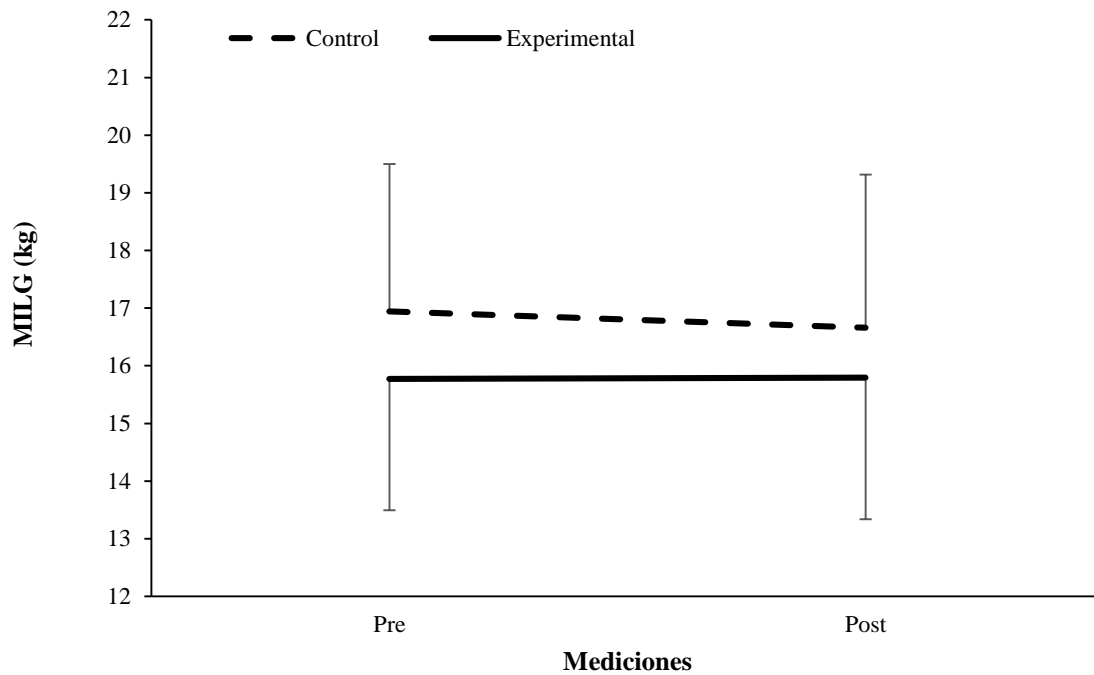
Kim, Wang, Heymsfield, Baumgartner, y Gallagher (2002); CF: cuádriceps femoral.

8.2.1. Masa intramuscular libre de grasa

La prueba de ANOVA de 2 vías mixta para la MILG no encontró una interacción ($p = 0.225$), ni efectos principales significativos de grupos ($p = 0.300$) ni mediciones ($p = 0.294$)

(Gráfico 1). Todos los TE fueron bajos (TE entre grupos = -0.31), TE intra grupo control = -0.10 y TE intra grupo experimental (TE = 0.009).

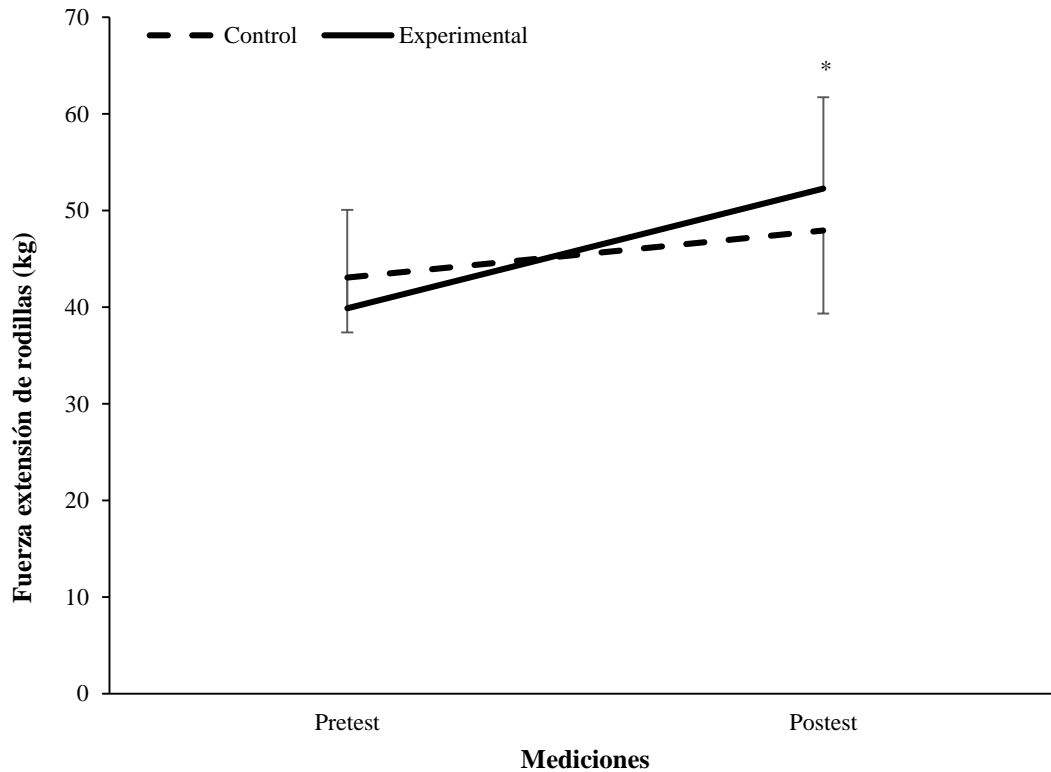
Gráfico 1. Comparación de la masa intramuscular libre de grasa (MILG) entre los grupos de tratamiento. Los valores representan la media \pm DE.



8.2.2. Fuerza muscular

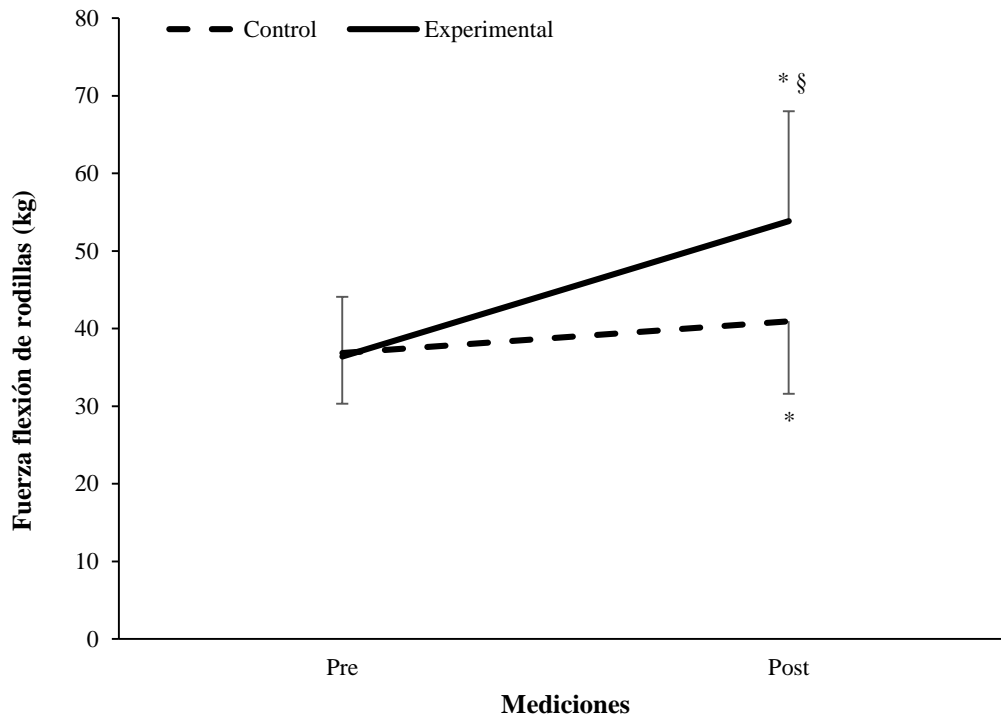
La prueba de ANOVA de 2 vías mixta para la fuerza de extensión de rodillas no encontró una interacción significativa, aunque el valor de la prueba de hipótesis fue cercano al alfa establecido a priori ($p = 0.057$). Aun así, se encontró una diferencia significativa entre el pre-test y el post-test del grupo experimental ($p < 0.001$) (Gráfico 2). El TE entre grupos fue moderado (TE = 0.49), pero el TE intra grupo control (TE = 0.81) y del TE intra grupo experimental (TE = 1.13) fueron altos.

Gráfico 2. Comparación de la fuerza de extensión de rodillas entre los grupos de tratamiento (* $p < 0.05$ de pre-test a post-test dentro del mismo grupo). Los valores representan la media \pm DE.



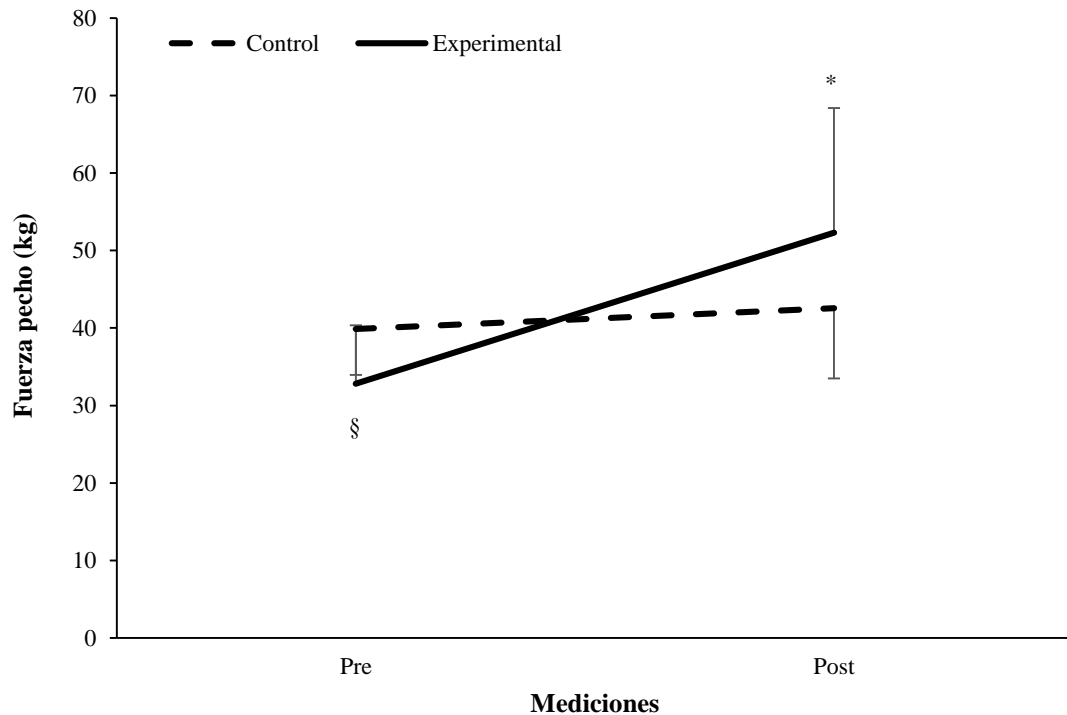
En la prueba de flexión de rodillas, el ANOVA de 2 vías mixta mostró una interacción significativa ($p < 0.001$). El análisis de efectos simples determinó que no hubo diferencias significativas entre grupos en el pre-test ($p = 0.870$), pero si existieron diferencias estadísticamente significativas en el post-test ($p = 0.009$). Hubo diferencias significativas entre el pre-test y el post-test en el grupo control ($p = 0.035$) y en el grupo experimental ($p < 0.001$) (Gráfico 3). Los TE fueron altos entre grupos (TE = 1.34) y en el análisis intra grupo experimental (TE = 2.11); sin embargo, fue moderado en el intra grupo control (TE = 0.60).

Gráfico 3. Interacción entre mediciones y entre tratamientos en la fuerza de flexión de rodillas. (* $p < 0.05$ de pre-test a post-test dentro del mismo grupo, § $p < 0.05$ entre grupos en el post-test). Los valores representan la media \pm DE.



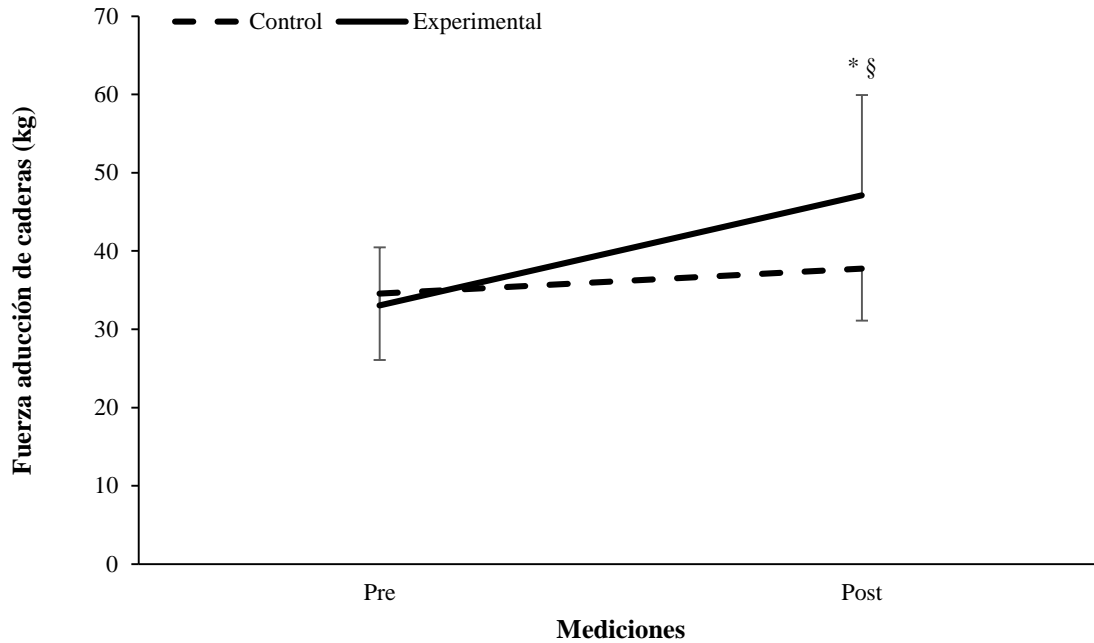
Para la prueba de fuerza medida con el press de pecho, el ANOVA de 2 vías mixta halló interacciones significativas ($p < 0.001$). Al efectuar el análisis de los efectos simples, se halló que, en el pre-test, el grupo control tenía mayores valores que el experimental ($p = 0.012$). Asimismo, entre mediciones el control no fue diferente ($p = 0.289$) pero el experimental si mejoró del pre-test al post-test ($p < 0.001$) (Gráfico 4). El TE entre grupos (TE = 1.04) y el TE intra grupo experimental (TE = 2.41) fueron altos, mientras que el TE intra grupo control fue moderado (TE = 0.43).

Gráfico 4. Diferencias en la fuerza de pecho entre las mediciones y los grupos de tratamiento (*p < 0.05 de pre-test a post-test, §p < 0.05 entre grupos en el pre-test). Los valores representan la media ± DE.



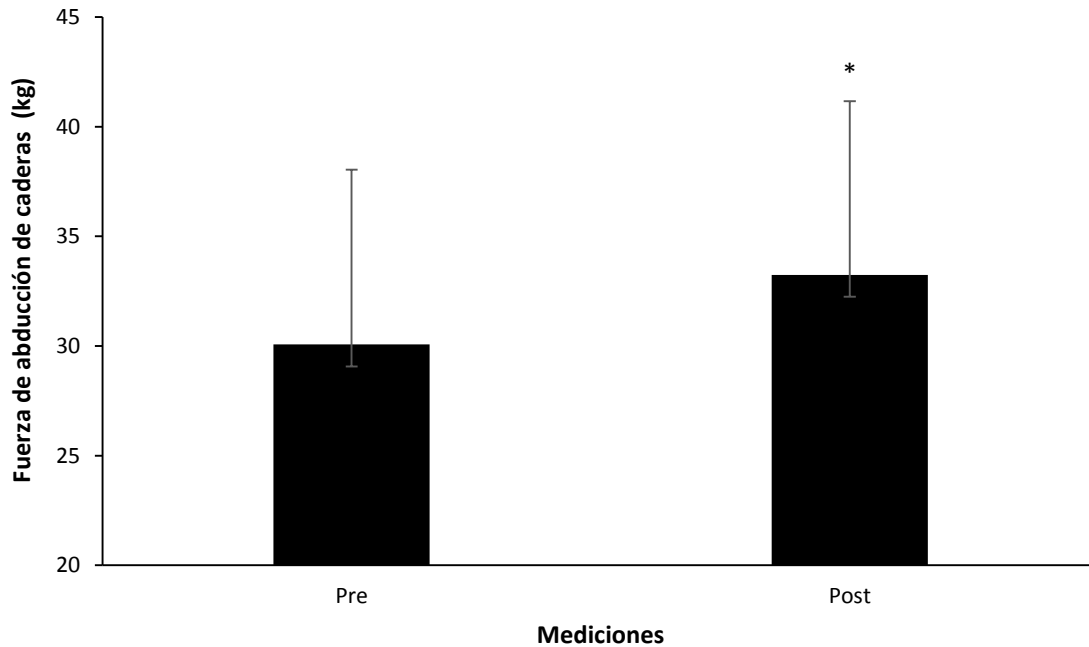
Para la prueba de fuerza de aducción de caderas, el ANOVA de 2 vías mixto muestra una interacción significativa ($p < 0.001$). Al analizar los efectos simples, se halló que el grupo experimental mejoró significativamente del pre-test al post-test ($p < 0.001$) y que también mejoró en el post-test con respecto al grupo control ($p = 0.021$) (Gráfico 5). Los TE intra grupo control fue pequeño ($TE = 0.35$), mientras que el TE intra grupo experimental ($TE = 1.76$) y TE entre grupos ($TE = 1.37$) fueron altos.

Gráfico 5. Diferencias en la fuerza de aducción de caderas entre las mediciones y los grupos experimentales (* $p < 0.05$ de pre-test a post-test, § $p < 0.05$ entre grupos en el post-test). Los valores representan la media \pm DE.



En la prueba de fuerza de abducción de caderas, el ANOVA de 2 vías mixto no halló una interacción significativa ($p = 0.260$) ni diferencias significativas entre grupos ($p = 0.336$), pero sí encontró diferencias significativas entre mediciones ($p = 0.012$) (Gráfico 6). El TE intra grupo control fue pequeño ($TE = 0.25$), mientras que el TE intra grupo experimental ($TE = 0.49$) y el TE entre grupos ($TE = 0.62$) fueron moderados (Gráfico 6).

Gráfico 6. Diferencias en la fuerza de abducción de caderas entre las mediciones independientemente de los grupos experimentales (* $p < 0.05$ de pre-test a post-test). Los valores representan la media \pm DE.



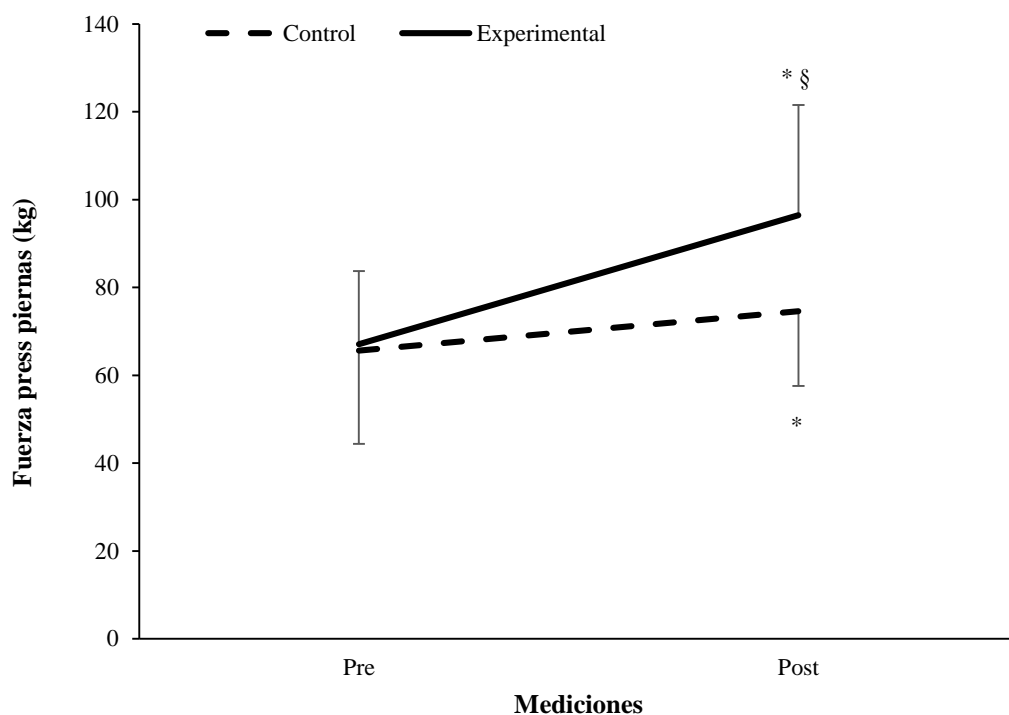
En la prueba de fuerza de espalda, el ANOVA de 2 vías mixto mostró una interacción significativa ($p = 0.002$). Al proceder con el análisis de los efectos simples, se encontró que el grupo experimental no fue diferente del control en el pre-test ($p = 0.058$) pero si mejoró con respecto al control en el post-test ($p = 0.050$). Además, el grupo control no mejoró entre el pre-test y el post-test ($p = 0.467$), pero si lo hizo el experimental ($p < 0.001$) (Gráfico 7). El TE intra grupo control (TE = 0.30) fue bajo, mientras que el TE intra grupo experimental (TE = 2.27) y el TE entre grupos (TE = 1.29) fueron altos.

Gráfico 7. Comparación de la fuerza de espalda entre las mediciones y los grupos de tratamiento (*p < 0.05 de pre-test a post-test, §p < 0.05 entre grupos en el post-test). Los valores representan la media ± DE.



Para la prueba de fuerza de press de piernas, el ANOVA de 2 vías mixto mostró una interacción significativa ($p = 0.002$). El análisis de efectos simples mostró que el grupo experimental y el grupo control no fueron significativamente diferentes en el pre-test ($p = 0.851$) pero si en el post-test ($p = 0.013$), teniendo un mayor valor el grupo experimental; mientras que el grupo control aumentó significativamente del pre-test al post-test ($p = 0.029$), al igual que el grupo experimental ($p < 0.001$) (Gráfico 8). El TE intra grupo experimental (TE = 1.64) y el TE entre grupos (TE = 1.24) fueron altos, no así el TE intra grupo control, que fue moderado (TE = 0.40).

Gráfico 8. Comparación de la fuerza en press de piernas entre las mediciones y los grupos de tratamiento (*p < 0.05 de pre-test a post-test dentro del mismo grupo, §p < 0.05 entre grupos en el post-test). Los valores representan la media ± DE.



8.2.3. Grosor muscular

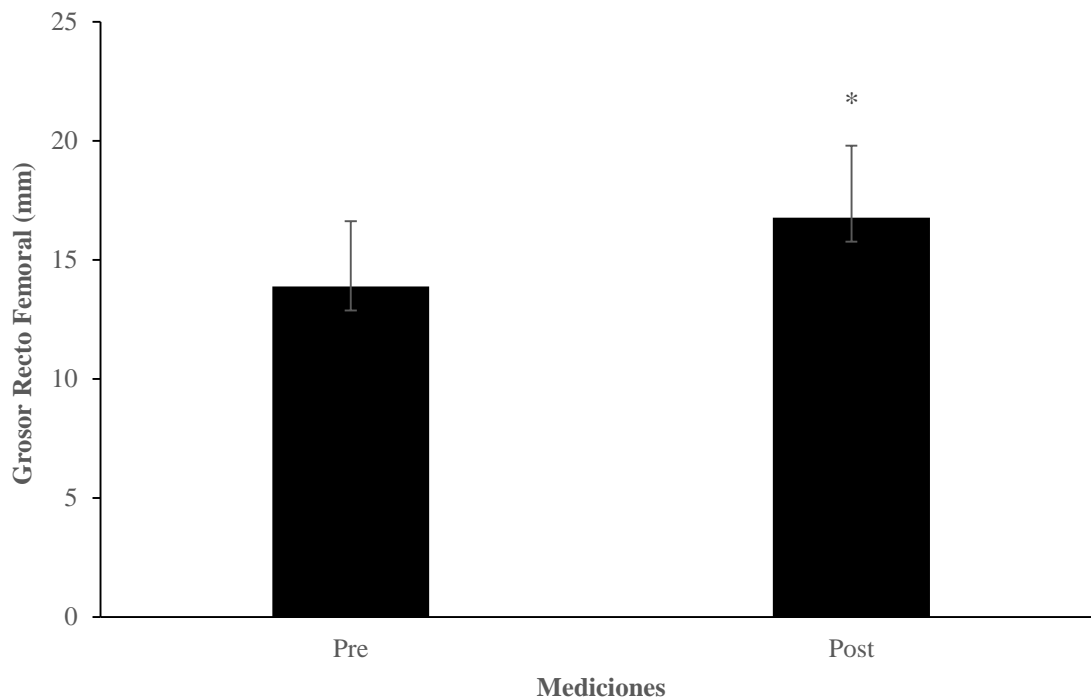
En este apartado se analizaron los grosores musculares de los cuatro músculos del cuádriceps, a saber: a) Vasto Lateral (VL), b) Vasto Medial (VM), c) Vasto Interno (VI), d) Recto Femoral (RF). La prueba de ANOVA de 2 vías mixta mostró que no hubo interacciones ni diferencias significativas entre los grupos ni entre mediciones en el VL, VM y el VI (todas las $p > 0.05$).

Los TE en estos tres músculos tampoco fueron importantes: a) VL (TE entre grupos = -0.03, TE intra grupo control = -0.18, TE intra grupo experimental = -0.08); b) VM (TE entre grupos = -0.05, TE intra grupo control = 0.04, TE intra grupo experimental = -0.19); c)

VI (TE entre grupos = 0.51, TE intra grupo control = -0.71, TE intra grupo experimental = 0.04).

Para el músculo RF, la prueba de ANOVA de 2 vías mixta indicó que no hubo interacciones significativas ($p = 0.933$), ni diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0.940$), pero si entre mediciones ($p < 0.001$). Los TE para el RF refuerzan estos resultados, pues se observó un TE pequeño entre grupos (TE = -0.04), pero el grupo experimental presentó un TE mayor que el del grupo control (TE = 1.20 vs 0.88, respectivamente) (Gráfico 9).

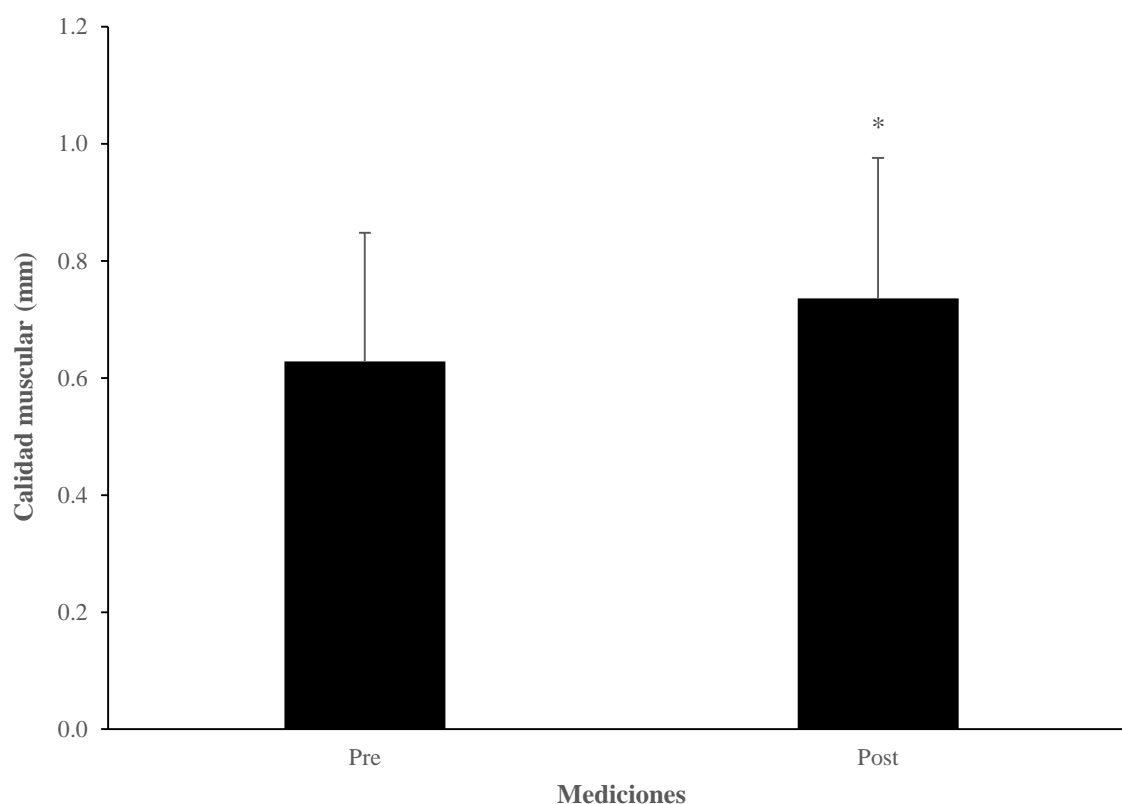
Gráfico 9. Diferencias entre las mediciones del grosor del músculo RF independientemente del grupo experimental (* $p < 0.05$ entre pre-test y post-test). Los valores representan la media \pm DE.



8.2.4. Calidad muscular

La calidad muscular (CM) también mostró la misma tendencia que el GM, ya que el análisis realizado no mostró una interacción significativa ($p = 0.075$) ni tampoco diferencias significativas entre grupos ($p = 0.218$); aunque sí hubo una diferencia entre mediciones ($p = 0.002$) independientemente del grupo estudiado (Gráfico 10). El TE entre grupos mostró ser moderado (TE = 0.55) y el TE intra grupo control fue pequeño (TE = 0.19), pero el TE intra grupo experimental fue alto (TE = 1.15).

Gráfico 10. Diferencias en la calidad muscular independientemente del grupo experimental (* $p < 0.05$ entre pre-test y post-test). Los valores representan la media \pm DE.



8.3. Capacidad física funcional

A continuación, se presentan los análisis inferenciales de las pruebas físicas funcionales previo y posterior a la intervención. La estadística descriptiva de las pruebas se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Estadística descriptiva ($M \pm DE$) de las pruebas físicas funcionales aplicadas a adultas mayores en función del grupo experimental.

Variable	Grupo control (n = 14)		Grupo Experimental (n = 12)	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
LSS-30s (reps)	11.2 \pm 2.3	10.3 \pm 1.8	11.9 \pm 1.6	14.8 \pm 1.4
Agilidad (s)	4.6 \pm 0.8	4.8 \pm 0.7	4.5 \pm 0.6	4.2 \pm 0.5

Nota: LSS-30s: prueba de levantarse y sentarse de una silla durante 30 s.

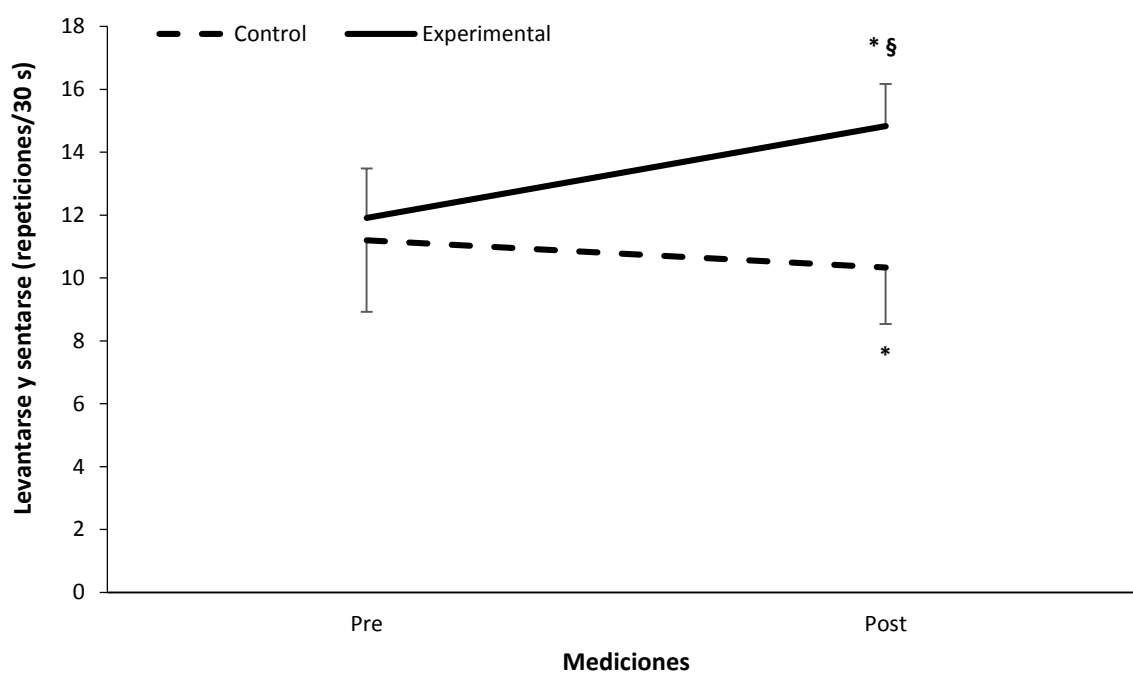
El ANOVA de 2 vías mixto mostró interacciones significativas en la prueba de LSS-30s ($p < 0.001$) y la prueba de agilidad ($p < 0.001$), por lo que se procedió a realizar el análisis de los efectos simples.

8.3.1. Levantarse y sentarse durante 30 s

Al implementar los análisis de efectos simples para la prueba de levantarse y sentarse durante 30 s (LSS-30s), se encontró que el grupo experimental mejoró significativamente entre el pre-test y el post-test ($p < 0.001$), mientras que el grupo control mostró un rendimiento significativamente menor del pre-test y al post-test ($p = 0.009$). Además, el grupo experimental también tuvo un desempeño significativamente mejor que el grupo control en el post-test ($p < 0.001$) (Gráfico 11). El TE entre grupos ($TE = 2.42$) y el TE intra

grupo experimental (TE = 1.73) fueron elevados, mientras que el TE intra grupo control no solo fue pequeño sino negativo (TE = -0.36), lo que indica una disminución en los puntajes obtenidos en la prueba.

Gráfico 11. Comparación de las repeticiones obtenidas en la prueba LSS-30 s entre los grupos de tratamiento (*p < 0.05 de pre-test a post-test dentro del mismo grupo, §p < 0.05 entre grupos en el post-test). Los valores representan la media ± DE.

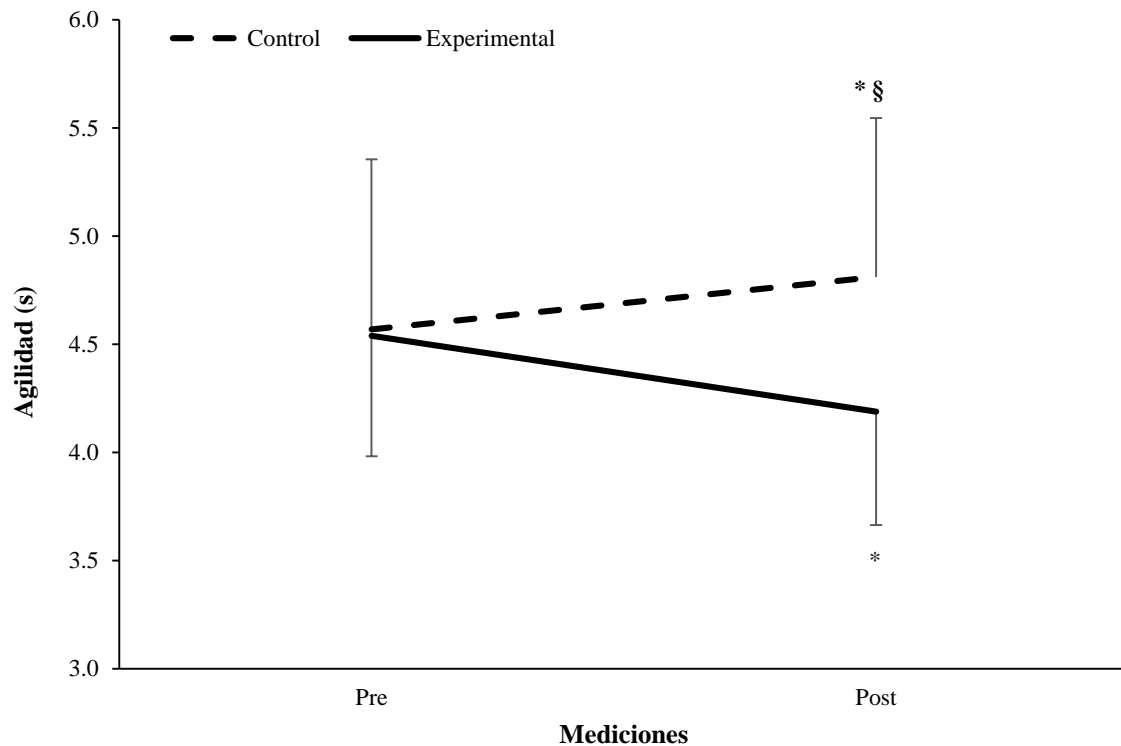


8.3.2. Agilidad

Al proceder con los análisis de efectos simples, se encontró que el grupo experimental mejoró significativamente del pre-test al post-test ($p < 0.001$); mientras que el grupo control disminuyó significativamente ($p = 0.004$). Asimismo, el grupo experimental fue significativamente mejor que el control al final de los tratamientos ($p = 0.021$) (Gráfico 12). El TE entre grupos (TE = -0.82) fue considerablemente alto y el TE intra grupo experimental

(TE = -0.59) fue moderado, pero el TE intra grupo control (TE = 0.29) fue pequeño. Un valor negativo indica una mejora en la ejecución de la prueba.

Gráfico 12. Comparación del tiempo obtenido en la prueba de agilidad entre los grupos de tratamiento (*p < 0.05 de pre-test a post-test dentro de mismo grupo, §p < 0.05 entre grupos en el post-test). Los valores representan la media ± DE.



8.4. Cognición

A efectos de proceder con un análisis adecuado en las pruebas cognitivas, dado que se ha demostrado que la escolaridad (en años) incide en los cambios cognitivos durante el envejecimiento (Tucker & Stern, 2011), y que además a menor edad, mayor el entendimiento de conceptos (Hayes, Morris, Wolfe, & Morgan, 1995), se consideró que estas covariables podrían afectar los resultados. Por ello, siguiendo lo recomendado por O'Donoghue (2013), se estudiaron dos supuestos estadísticos para justificar el uso de covariables o continuar con

el ANOVA propuesto inicialmente: a) relación lineal entre la variable dependiente y la covariable, y b) homogeneidad de esa relación lineal en los grupos que se comparan.

De este modo, se determinó que, con respecto a la edad, la memoria a corto plazo ($r = 0.272$, $p = 0.147$) y la memoria de trabajo ($r = 0.013$, $p = 0.947$), no se correlacionaron significativamente; mientras si lo hicieron la velocidad psicomotora/atención ($r = 0.605$, $p = 0.001$) y la flexibilidad mental ($r = 0.646$, $p < 0.001$).

En el caso de las correlaciones de los años de educación y las distintas variables cognitivas, no se encontraron correlaciones significativas en ninguna de estas (memoria a corto plazo, $r = -0.352$, $p = 0.066$; memoria de trabajo, $r = -0.136$, $p = 0.491$; velocidad psicomotora/atención, $r = -0.058$, $p = 0.769$ y flexibilidad mental, $r = -0.095$, $p = 0.631$). Una vez realizado este primer paso, se procedió a analizar la homogeneidad de la relación lineal entre la variable dependiente y la covariable únicamente para las covariables que superaron el primer supuesto, en este caso la edad y la velocidad psicomotora/atención y la flexibilidad mental. Con base en los análisis realizados, se encontró que en ninguno de los casos se cumplía con este segundo supuesto ($p = 0.030$ y $p < 0.001$, respectivamente). Dado lo anterior, no hay evidencia estadística que justifique controlar los años de educación y la edad como covariables para ninguna de las variables cognitivas; por lo tanto, en este apartado todas las variables cognitivas fueron analizadas con ANOVAs de 2 vías mixtas.

A continuación, se presentan los análisis inferenciales de las pruebas cognitivas previo y posterior a la intervención. La estadística descriptiva de las pruebas se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Estadística descriptiva ($M \pm DE$) de las pruebas cognitivas aplicadas a adultas mayores en función del grupo experimental.

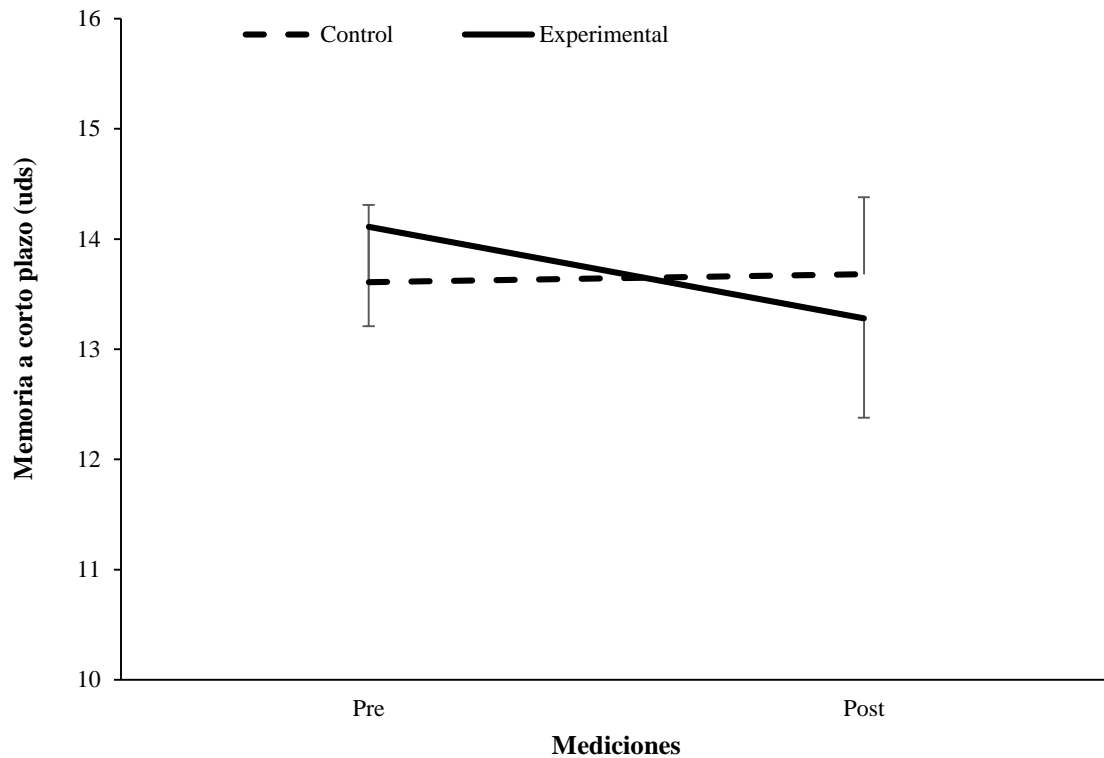
Variable	Grupo control (n = 14)		Grupo Experimental (n = 12)	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
ME-CP (uds)	13.7 \pm 2.4	12.3 \pm 5.1	13.9 \pm 3.1	13.1 \pm 3.5
MTV-CP (uds)	12.2 \pm 1.7	11.8 \pm 2.4	12.2 \pm 2.0	13.1 \pm 2.3
Memoria de trabajo (uds)	7.5 \pm 1.6	7.4 \pm 2.2	7.6 \pm 1.4	7.8 \pm 2.4
VPA (uds)	57.1 \pm 16.4	50.9 \pm 18.1	61.2 \pm 29.8	51.5 \pm 26.6
Flexibilidad mental (uds)	143.0 \pm 59.0	142.1 \pm 70.0	157.2 \pm 76.2	123.4 \pm 58.9

Nota: ME-CP = Memoria espacial corto plazo; MTV-CP = Memoria trabajo visual corto plazo; VPA = Velocidad psicomotora/atención.

8.4.1. Memoria a corto plazo

La prueba de ANOVA de 2 vías mixta para la memoria a corto plazo no encontró una interacción significativa ($p = 0.739$), ni diferencias entre grupos ($p = 0.651$), ni entre mediciones ($p = 0.234$) (Gráfico 13). Al analizar los TE de los tratamientos, se encontró que el TE entre grupos ($TE = -0.24$) y el TE intra grupo experimental fueron pequeños ($TE = 0.15$), mientras que los TE intra grupo control ($TE = -0.57$) fueron moderados.

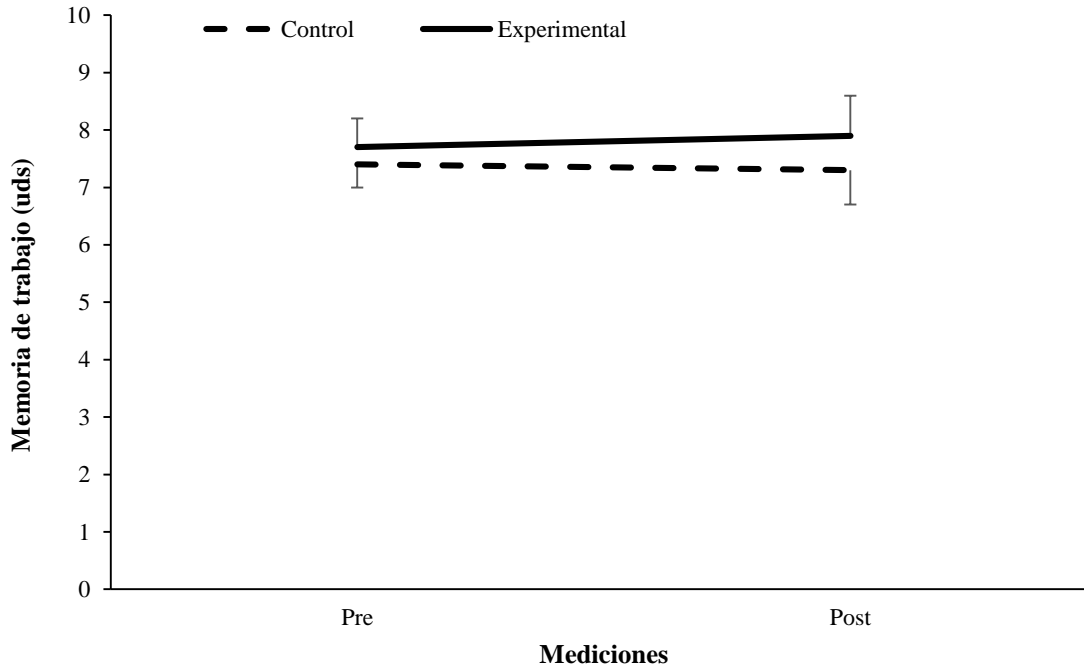
Gráfico 13. Comparación de la memoria espacial a corto plazo entre los grupos de tratamiento. Los valores representan la media \pm DE.



8.4.2. Memoria de trabajo

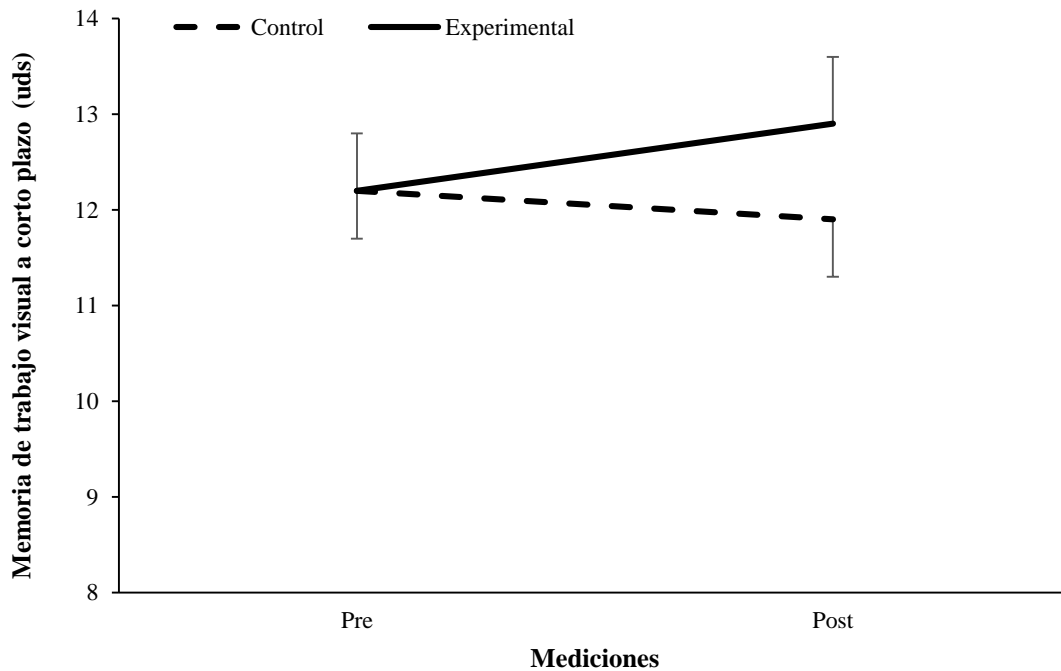
La prueba de ANOVA de 2 vías mixta aplicada a los datos obtenidos con el test *Digit Span Forward* no detectó una interacción significativa ($p = 0.601$), ni efectos principales de las mediciones ($p = 0.846$), o los grupos ($p = 0.715$) (Gráfico 14). Los TE en esta variable resultaron pequeños (TE entre grupos = 0.19, TE intra grupo control = -0.07, TE intra grupo experimental = 0.18).

Gráfico 14. Comparación de la memoria de trabajo entre los grupos en la prueba *Digit Span Forward*. Los valores representan la media \pm DE.



El ANOVA de 2 vías mixta para esta memoria de trabajo obtenida con el test *Digit Span Backward*, no mostró una interacción significativa ($p = 0.139$), ni efectos principales de las mediciones ($p = 0.598$) o de los grupos ($p = 0.348$) (Gráfico 15). El TE entre grupos fue moderado (TE = 0.54), el TE intra grupo control pequeño e inverso (TE = -0.25) y el TE intra grupo experimental moderado (TE = 0.42).

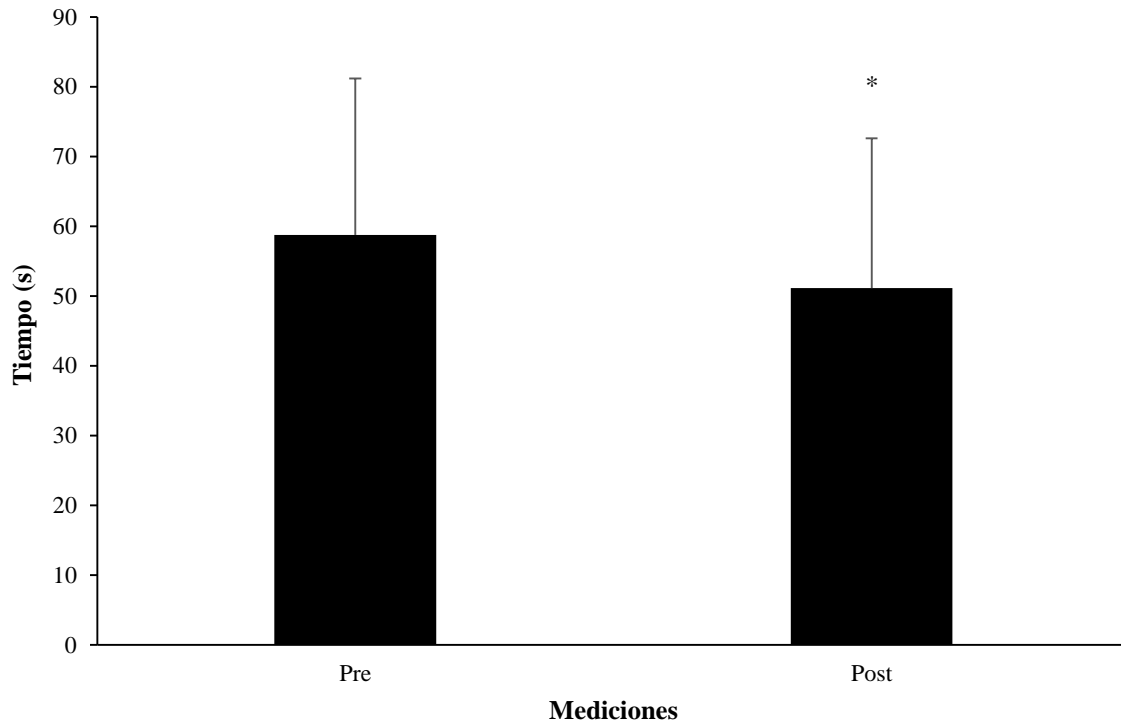
Gráfico 15. Comparación de la memoria de trabajo visual a corto plazo entre los grupos de tratamiento en la prueba *Digit Span Backward*. Los valores representan la media \pm DE.



8.4.3. Velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental

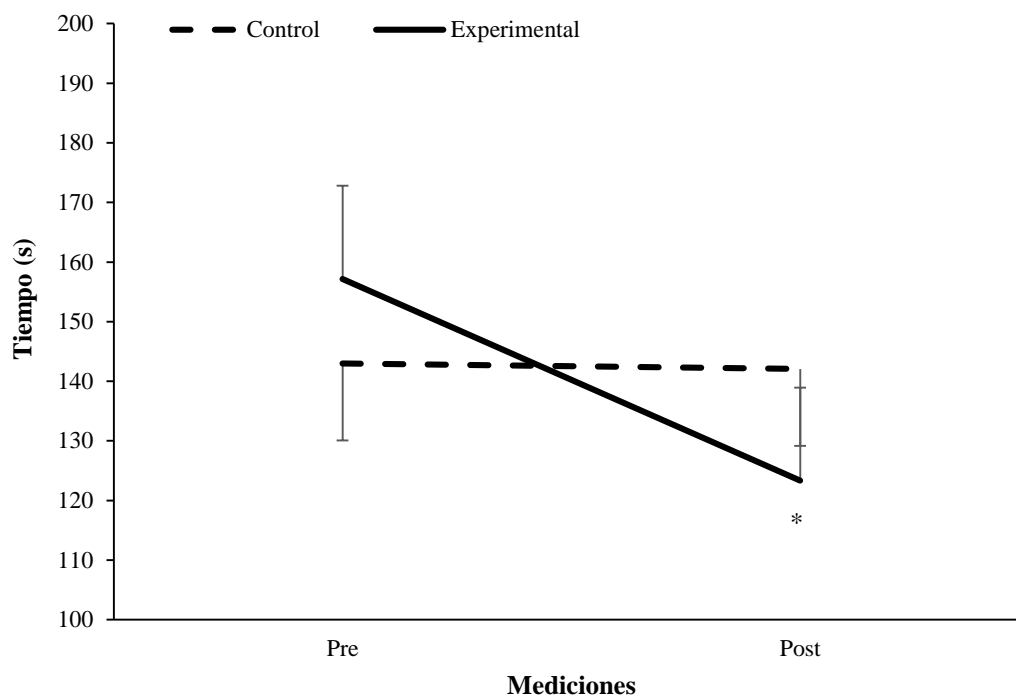
En la velocidad psicomotora y atención, el ANOVA de 2 vías mixta no mostró una interacción significativa ($p = 0.633$), ni efectos significativos entre grupos ($p = 0.776$); sin embargo, si mostró efectos significativos en las mediciones ($p = 0.040$) (Gráfico 16). Los TE entre grupos (TE = 0.02), TE intra grupo control (TE = -0.36) y el TE intra grupo experimental (TE = -0.30) fueron pequeños.

Gráfico 16. Diferencias en la velocidad psicomotora y atención independientemente del grupo experimental (* $p < 0.05$ entre pre-test y post-test). Los valores representan la media \pm DE.



En el caso de la flexibilidad mental, el ANOVA de 2 vías mixta mostró una interacción significativa ($p = 0.019$). Al analizar los efectos simples, se detalló que no hubo diferencias significativas entre grupos ni en el pre-test ($p = 0.591$) ni en el post-test ($p = 0.475$); sin embargo, al analizar los efectos simples entre las mediciones, se observó que el grupo control no mostró mejoras en la flexibilidad mental ($p = 0.912$) mientras que el grupo experimental si tuvo una mejora del pre-test al post-test ($p = 0.003$) (Gráfico 17). Con respecto a los TE, estos mostraron un TE entre grupos ($TE = -0.26$) y un TE intra grupo control ($TE = -0.01$) pequeño, pero un TE intra grupo experimental ($TE = -0.41$) moderado.

Gráfico 17. Comparación del tiempo de ejecución en la prueba de flexibilidad mental entre los grupos. (*p < 0.05 entre pre-test y post-test). Los valores representan la media \pm DE.



8.5. Prueba bioquímica sanguínea

8.5.1. Factor de crecimiento insulínico tipo I

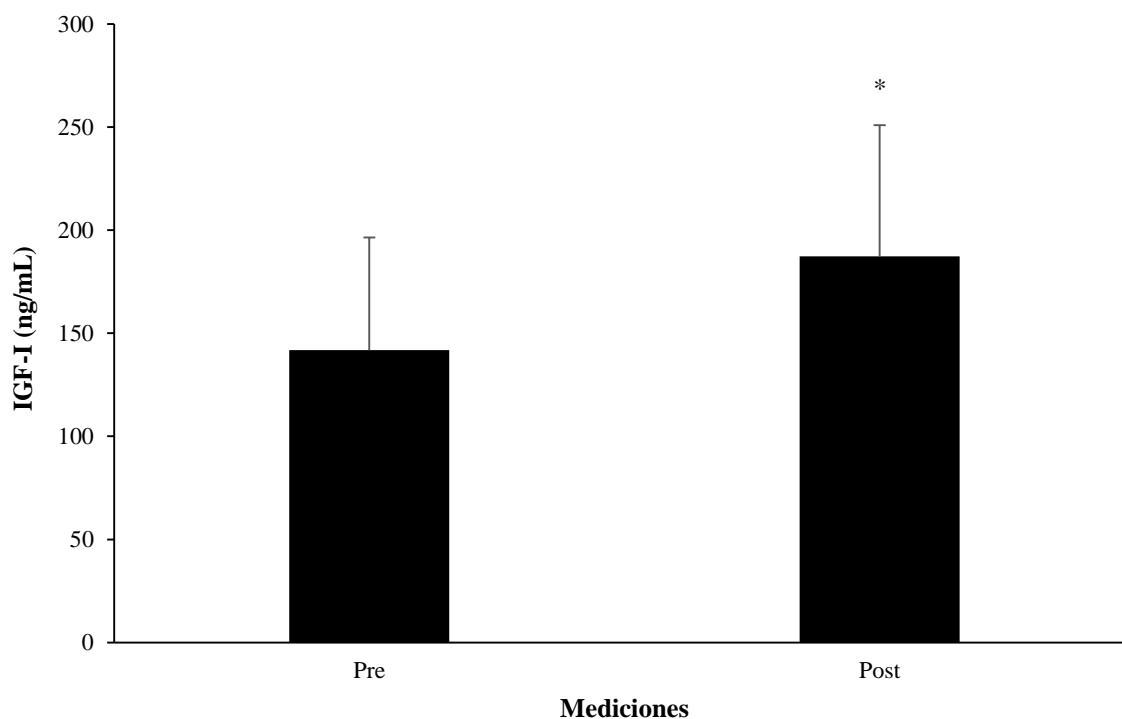
A continuación, se presenta la estadística descriptiva para el factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I).

Tabla 6. Estadística descriptiva ($M \pm DE$) del factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I) aplicadas a adultas mayores en función del grupo experimental.

Variable	Grupo control (n = 14)		Grupo Experimental (n = 12)	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
IGF-I (ng/mL)	128.6 \pm 51.5	174.9 \pm 70.7	161.0 \pm 55.6	205.3 \pm 49.3

La prueba de ANOVA de 2 vías mixta no determinó ni interacciones significativas ($p = 0.936$) ni efectos significativos entre los grupos ($p = 0.116$); sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones ($p = 0.001$) (Gráfico 18). Los TE entre grupos (TE = 0.42) fueron moderados, mientras que el TE intra grupo control (TE = 0.85) y el TE intra grupo experimental (TE = 0.73) fueron altos.

Gráfico 18. Diferencias en las concentraciones de IGF-I independientemente del grupo experimental (* $p < 0.05$ entre pre-test y post-test). Los valores representan la media \pm DE.



9. Discusión

El propósito de este estudio fue determinar el efecto de 8 semanas de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la masa y la fuerza muscular, la función física, la cognición y el factor de crecimiento insulínico tipo I de mujeres adultas mayores. Las variables estudiadas fueron comparadas con un grupo control que realizó ejercicios de estiramiento y Tai Chi, 2 veces/semana, aproximadamente 40 min/sesión a una intensidad considerada leve el cual fue considerado como un grupo control.

A continuación, se presenta la discusión de los resultados del estudio, y para una mayor facilidad en la lectura de la misma, se presentará la discusión de cada apartado, y al final, se hará una integración de la información.

9.1. Pruebas de estructura y funcionamiento muscular

Existe evidencia que muestra que las pruebas musculares son vitales, entre otros aspectos, para determinar posibles procesos de deterioro en las personas adultas mayores (Assantachai, Muangpaisan, Intalapaporn, Sitthichai, & Udompunterak, 2014). Esto cobra mayor relevancia a medida que se envejece, porque se ha observado que las diferencias de fuerza entre personas menores de 40 años y mayores de 40 años, ronda alrededor de un 20%, lo que muestra la necesidad de vigilar y controlar el nivel de producción de fuerza (Keller & Engelhardt, 2013).

En este estudio se realizaron pruebas para conocer la estructura y el funcionamiento muscular de un grupo de adultas mayores. Para ello, se siguieron todos los procedimientos de seguridad sugeridos en la literatura especializada (American College of Sports Medicine, 2010, 2018b). No se presentaron inconvenientes durante las mediciones y las participantes

toleraron los protocolos de medición y posteriormente durante el programa de ejercicios contra resistencia.

9.1.1. Masa intramuscular libre de grasa

En el presente estudio, no se halló evidencia de cambios en la MILG en un periodo de ocho semanas; es decir, tanto el grupo control como el grupo experimental mantuvieron la misma masa muscular. Esto sugiere que el programa de ejercicios contra resistencia requiere de más tiempo para generar un cambio significativo en la MILG, pues existe evidencia longitudinal que indica que una disminución en la masa muscular puede generar un aumento en el contenido de la grasa muscular, que a su vez se asocia con una disminución en la fuerza muscular (Delmonico et al., 2009).

Paralelo a un incremento de la edad, también existe un incremento en la infiltración de grasa en la región central del músculo esquelético del muslo, y se ha observado que esta infiltración de grasa aumenta en un lapso de cinco años. De manera similar, en otro estudio longitudinal de tres años (Song et al., 2004), se observó un aumento significativo del tejido adiposo intermuscular en un grupo de mujeres afroamericanas adultas mayores. El problema que se observa es que las fibras musculares que se pierden son suplantadas por grasa o por tejido conectivo (Taaffe et al., 2009), aumentando de este modo el tejido no contráctil y afectando finalmente la producción de fuerza y la función muscular (Fleck & Kraemer, 2014b).

En un estudio realizado por Vieira et al. (2013), se encontró que un grupo de mujeres adultas mayores sin síndrome metabólico poseían una menor masa magra comparadas con mujeres con dicho síndrome, y además se reportó una correlación negativa entre la masa

magra relativa de las piernas y el número de factores del síndrome metabólico, lo cual muestra la necesidad de conocer la masa magra con respecto a la visualización de factores de riesgo cardiometabólicos.

La cantidad de masa magra explica una gran parte de la fuerza en las piernas, por lo que su mantenimiento permite cuidar la fuerza en el tren inferior en las personas adultas mayores (Newman et al., 2003). De manera similar, una mayor infiltración de grasa al músculo está asociada con un mayor riesgo de pérdida de movilidad en mujeres y hombres, con un mayor deterioro metabólico, un aumento de la edad y con conductas sedentarias (Delmonico et al., 2009; Marcus, Addison, Kidde, Dibble, & Lastayo, 2010; Visser et al., 2005). Aunque los estudios anteriormente citados han mostrado de manera consistente que la infiltración de tejido graso en los músculos incide negativamente en distintos factores, las estrategias basadas en programas de ejercicios físicos han probado disminuir la cantidad de tejido adiposo intermuscular en personas adultas mayores con una diversidad de comorbilidades (Goodpaster et al., 2008; Marcus et al., 2010).

Sin embargo, en el estudio de Goodpaster et al. (2008), se dividió a un grupo de personas adultas mayores entre los 70 y los 89 años en dos grupos: a) un grupo control al que se le brindaron sesiones de charlas de envejecimiento exitoso, y, b) un grupo experimental que realizó un programa de ejercicios compuesto por múltiples modalidades (e.g., aeróbico, contra resistencia, flexibilidad), de 2 a 5 veces/semana durante 10 meses. A ambos grupos se les dio un seguimiento de 12 a 18 meses. Se encontró que el grupo control aumentó significativamente su tejido adiposo intramuscular (cambio dentro del grupo, $p < 0.05$) pero no en el grupo de intervención (diferencias entre grupos, $p < 0.05$). Este hallazgo evidencia la importancia de la realización de ejercicio físico en la persona adulta mayor; por lo que, en el contexto del presente estudio, el que no hubiese existido un aumento en la cantidad de

tejido adiposo intramuscular se podría considerar como un hallazgo positivo tanto del programa de ejercicio contra resistencia realizado por las adultas mayores del grupo experimental, como de los ejercicios de estiramiento y similares al “Tai-Chi” realizados por las adultas mayores del grupo control.

9.1.2. Fuerza muscular

Durante el envejecimiento, la disminución de la fuerza muscular es mayor que la disminución de la masa muscular. Se ha observado que las mujeres adultas mayores de 75 años pierden fuerza a una tasa de un 3-4% por año, y en general, la fuerza se pierde de dos a cinco veces más rápido que la masa muscular (Delmonico et al., 2009; Mitchell et al., 2012). La pérdida de fuerza se puede ver potenciada por la aparición de factores como la inflamación sistémica, entre otros.

Un estudio de cohorte determinó que las mujeres adultas mayores que tienen niveles altos de interleukina-6 (IL-6), muestran una disminución mucho más marcada, aunque no significativa, en la fuerza de extensión de rodillas que las que poseen niveles bajos de IL-6 (Ferrucci et al., 2002). Otro estudio realizado por Schaap, Pluijm, Deeg, y Visser (2006), reportó que niveles elevados de IL-6 y de proteína C-reactiva (CRP) se asociaron con un riesgo de 2 a 3 veces mayor de perder más de un 40% de la fuerza en un periodo de tres años. En una investigación realizada por Schaap et al. (2009), se determinó que niveles altos del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), IL-6 y CRP se asociaron directamente con una disminución en la masa muscular de los muslos. Adicionalmente, el TNF- α se asoció con un deterioro en la fuerza de extensión de rodillas, lo que sugiere que indicadores inflamatorios

asociados al estrés podrían eventualmente disminuir aún más la producción de la fuerza muscular.

Newman et al. (2006), manifestaron que un factor por considerar en las mujeres adultas mayores es la fuerza del cuádriceps, pues se ha observado que está fuertemente relacionada con la mortalidad, con un cociente de riesgo = 1.65 (IC_{95%}: 1.19, 2.30). También se ha encontrado que la fuerza se deteriora más pronunciadamente conforme se envejece; de hecho, a los 40 años empieza a disminuir considerablemente, pero sufre una reducción mucho más rápida entre los 65 y los 70 años. Específicamente, se probó que un 40% de las mujeres entre los 55 y 64 años, un 45% entre los 65 y 74 años y alrededor del 65% entre los 75 y los 84 años, no podían levantar un peso 4.5 kg, lo que expone el efecto de la edad sobre el descenso de la fuerza (Chodzko-Zajko et al., 2009; Lloyd & Faigenbaum, 2018). Aunado a lo anterior, en el envejecimiento se da una mayor pérdida de fibras tipo II junto con un deterioro en las unidades motoras, lo que incide en la generación de fuerza (Fleck & Kraemer, 2014b).

Sin embargo, es conocido que el entrenamiento contra resistencia produce mejoras sustanciales en la fuerza de las personas adultas mayores, tanto hombres como mujeres (Costa & McManus, 2017; de Souto Barreto et al., 2016), incluso en aquellas con ciertas patologías. Por ejemplo, adultas mayores con deterioro cognitivo que realizan un programa de ejercicios, tienen ganancias de fuerza similares a adultas mayores del mismo sexo y edad sin deterioro cognitivo (Heyn et al., 2008).

Una revisión sistemática de literatura determinó que el entrenamiento progresivo contraresistencia produce incrementos sustanciales de moderados a grandes en la fuerza muscular (Diferencia promedio estandarizada = 0.68; IC_{95%}: 0.52, 0.84), y en algunas variables predictoras de limitación funcional, con efectos modestos en la velocidad de

caminata (Diferencia promedio global = 0.07 m/s; IC_{95%}: 0.04, 0.09) (Latham, Bennett, Stretton, & Anderson, 2004). Del mismo modo, estos investigadores indicaron que la intensidad del entrenamiento mostró la mayor influencia sobre la fuerza (alta intensidad: TE = 0.81, IC_{95%}: 0.60, 1.01; baja intensidad: TE = 0.34, IC_{95%}: 0.18, 0.51), mientras que el menor efecto lo tuvo la duración del programa (\leq 12 semanas: TE = 0.62, IC_{95%}: 0.42, 0.82; $>$ 12 semanas: TE = 0.77, IC_{95%}: 0.50, 1.05).

De manera similar, un meta-análisis de 47 estudios (M. D. Peterson, Rhea, Sen, & Gordon, 2010), reportó efectos positivos del entrenamiento de la fuerza, igualmente, mostrando que la alta intensidad del entrenamiento se asoció significativamente con el porcentaje de cambio en la fuerza. El efecto del entrenamiento contra resistencia se observó al medir la fuerza en distintos ejercicios; por ejemplo, en la prueba de press de piernas se obtuvo un porcentaje de cambio positivo de $29\% \pm 2\%$, en el de press de pecho de $24\% \pm 2\%$, y en el de extensión de rodillas de $33\% \pm 3\%$.

En el presente estudio, el programa de entrenamiento contra resistencia realizado por el grupo experimental contempló aumentar progresivamente las cargas de trabajo. En el caso de la intensidad, esta se reguló efectuando una medición a las 4 semanas con el propósito de ajustar las cargas de trabajo. De esta forma, se aseguró que las adultas mayores se ejercitaran a un 70% de 8 RM estimado. Los resultados muestran que, en general, el grupo experimental obtuvo mejor desempeño en las pruebas de fuerza que el grupo control, mostrando también mayores TE en todos los ejercicios efectuados en comparación con el grupo control.

Se han encontrado incrementos significativos en la fuerza de un grupo de adultos mayores de 65 años (Marsh, Miller, Rejeski, Hutton, & Kritchevsky, 2009). En el estudio, los participantes del grupo experimental mejoraron significativamente con respecto a los del grupo control en las pruebas de extensión de rodillas y press de piernas. El programa de

entrenamiento de ese estudio tuvo una duración de 12 semanas, se realizó 3 veces/semana durante ~60 min, y estuvo compuesto de 3 series de 8-10 repeticiones, aumentando la intensidad progresivamente hasta que los participantes alcanzaron aproximadamente el 70% de 1 RM. En contraste, el presente estudio tuvo una duración total de 8 semanas, se realizó 2 veces/semana con una duración de ~45-50 min, y estuvo compuesto de 2 series de 8 repeticiones, con una intensidad las semanas 1, 2, 5, 6 de 70% de 8 RM, aumentando a 10 repeticiones las semanas 3, 4, 7 y 8. Si bien en ambos estudios se mejoró significativamente la fuerza en las pruebas realizadas (i.e., extensión de rodilla y press de piernas), la presente investigación obtuvo las mejorías en un menor tiempo y con una menor carga de trabajo, mostrando que esta dosificación es apta para mejorar la fuerza en mujeres adultas mayores, por lo que se podría recomendar como una opción segura y efectiva para aumentar la fuerza muscular en mujeres adultas mayores.

Los factores que componen la prescripción del ejercicio y que inciden en la carga de trabajo, tales como la frecuencia (i.e., veces por semana) y la intensidad (i.e., % de RM), también han sido discutidos en otros estudios. Por ejemplo, Mayer et al. (2011), indican que se debe de trabajar a una alta intensidad (> 85%) para aumentar la tasa de desarrollo de la fuerza y de 3 a 4 veces/semana para mejores resultados. De manera similar, Raymond et al. (2013), hallaron en su revisión sistemática evidencia a favor de los programas de entrenamiento contra resistencia progresivos de alta intensidad comparados con los de moderada o baja intensidad. Para la revisión sistemática, los autores definieron de 70% a 90% como intensidades altas, de 50% a 70% como moderadas y menor a 50% como bajas. En la presente investigación se logró obtener incrementos significativos en la fuerza con respecto a los valores iniciales trabajando a un 70%, intensidad catalogada en el umbral entre moderada y alta.

En el estudio de Scanlon et al. (2014), un grupo combinado de mujeres y hombres adultos mayores (Edad promedio = 71.1 ± 6.7 años) realizaron un programa de ejercicios contra resistencia durante 6 semanas, 2 veces/semana, y que consistía de 2 a 4 series de 8 a 12 repeticiones de 6 a 10 ejercicios. La intensidad fue catalogada como moderada (70%-85%). Se encontró que el grupo de entrenamiento mejoró significativamente la fuerza en la prueba de 1 RM de extensión de rodillas (31.9%). Estos hallazgos refuerzan los encontrados en el presente estudio, en el que programas con pocas semanas producen cambios importantes tanto en hombres como en mujeres adultas mayores.

Trappe et al. (2002), realizaron un estudio para determinar los efectos de un programa de ejercicios contra resistencia en hombres adultos mayores y su posterior fase de seguimiento. Se formaron dos grupos que realizaron un tratamiento de 12 semanas, 3 veces/semana, a un 80% de 1 RM. Luego de las 12 semanas, uno de los grupos no realizó ningún entrenamiento durante 6 meses, mientras el otro se ejercitó 1 vez/semana, realizando 3 series de 10 repeticiones, a un 80% de 1RM igualmente por 6 meses. Al final de los 6 meses, el grupo de adultos mayores que se mantuvo realizando ejercicio 1 vez/semana no varió significativamente la fuerza muscular ni el tamaño del músculo desde el final de las 12 semanas comparado con el final de los 6 meses (ambas $p > 0.05$); sin embargo, el grupo que se desentrenó sí mostró una disminución significativa tanto en la fuerza muscular como del tamaño del músculo al final de los 6 meses comparado con los valores obtenidos al final de las 12 semanas (ambas $p < 0.05$). De manera similar, en una investigación realizada por Watanabe et al. (2013), se encontró que un entrenamiento contra resistencia para mejorar la tonicidad muscular aun trabajando a una intensidad muy baja (30% 1 RM), con una contracción excéntrica y concéntrica de 3 s sin descansos entre repeticiones, 2 veces/semana durante 12 semanas, fue capaz de incrementar significativamente la fuerza de extensión de

rodillas durante una prueba isométrica e isocinética. En conjunto, estos hallazgos reafirman la importancia no sólo del entrenamiento contra resistencia, sino también de la adherencia al ejercicio si se desea mantener la fuerza, aumentar la fuerza, o al menos retardar la pérdida de la misma.

Entre los distintos mecanismos que explican una mayor producción de fuerza se encuentran el aumento en los impulsos neurales a los músculos antagonistas (Granacher, Gruber, & Gollhofer, 2009) y la velocidad de activación neural (Cadore et al., 2013), excitabilidad elevada de las motoneuronas, activación elevada del SNC, mejora en la sincronización de las unidades motoras, elevadas tasas de disparo de los estímulos, disminución de los reflejos inhibitorios neurales e inhibición del órgano tendinoso de Golgi (McArdle, Katch, & Katch, 2015d). En un entrenamiento de ocho semanas como el realizado en el presente estudio, la ganancia de fuerza que ocurre durante las primeras dos semanas se debe casi en su totalidad a adaptaciones neurales; en las semanas 3 y 4, alrededor de la mitad de la mejora en la fuerza se mantiene por adaptaciones del sistema nervioso, y posterior a ese tiempo, las adaptaciones histoquímicas de las fibras musculares adquieren más preponderancia en los incrementos de la fuerza (MacIntosh, Gardiner, & McComas, 2006; McArdle et al., 2015d). Se ha encontrado que la reducción de la fuerza muscular que ocurre durante el envejecimiento no se debe a la atrofia muscular *per se*, sino principalmente a la reducción en la integridad del sistema nervioso (Clark, 2019). Por lo tanto, el estímulo del sistema nervioso a través de un programa de ejercicio contra resistencia como el realizado en el presente estudio podría ser un mecanismo válido para atenuar la reducción de la atrofia y la fuerza muscular en adultas mayores.

9.1.3. Grosor muscular

El incremento en la edad está asociado con una disminución de la masa muscular (Keller & Engelhardt, 2013). La pérdida de masa muscular se ha relacionado con la pérdida de movilidad e incrementos en el riesgo de fragilidad, pérdida de equilibrio y caídas (Jackson, McArdle, Vasilaki, & Kayani, 2012; Visser et al., 2005). Este deterioro biológico se debe a una reducción en el número de fibras musculares, pérdida de unidades motoras, denervación y reducción en el tamaño de las fibras musculares, particularmente las fibras tipo II (Fleck & Kraemer, 2014b; Keller & Engelhardt, 2013; Narici & Maffulli, 2010; Nilwik et al., 2013).

Una consecuencia de la pérdida de masa muscular es la sarcopenia, definida como una condición geriátrica compleja que produce pérdida de masa muscular con cambios perjudiciales en la función muscular (Boirie, 2013; Brown & McCarthy, 2015; Budui, Rossi, & Zamboni, 2015; T. Lang et al., 2010). Se ha encontrado que la sarcopenia tiene una prevalencia significativamente más alta en mujeres mayores de 60 años que en hombres mayores (Janssen et al., 2002).

Un factor a considerar en la pérdida de la masa muscular son los procesos patológicos colaterales; por ejemplo, las mujeres adultas mayores con diabetes Tipo II presentan una prevalencia significativamente más alta de masa muscular disminuida que las mujeres adultas mayores sin diabetes (K. S. Kim et al., 2014). Park et al. (2009), hallaron que hombres adultos mayores con diabetes Tipo II diagnosticada y sin diagnosticar, mostraron una mayor pérdida de masa magra apendicular que adultos mayores sin diabetes Tipo II. Adicionalmente, el área de corte transversal del muslo disminuyó dos veces más rápido en mujeres adultas mayores con diabetes que en sus pares sin diabetes.

Pero el factor más importante a considerar es la línea de progresión del deterioro de la masa muscular, pues conforme se envejece el deterioro de esta inicia más rápidamente en el tren inferior que en el tren superior (Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000). Sin embargo, también se ha observado que durante el envejecimiento se puede retardar la pérdida de la masa muscular e incluso, preservarla (Costa & McManus, 2017), en este caso en particular, el entrenamiento crónico contra resistencia puede aumentar la masa muscular de las personas adultas mayores (Fleck & Kraemer, 2014b).

Para que el músculo pueda aumentar su masa muscular (i.e., hipertrofia), se requiere un incremento en la síntesis proteica y de células satélites (Seynnes, de Boer, & Narici, 2007). Se sabe que las células satélites son células indiferenciadas (i.e., no han definido su función) que colaboran luego de los procesos de lesión o trauma controlado, como por ejemplo, el que proporciona el ejercicio físico (Morgan & Partridge, 2003). Sin embargo, con un estímulo determinado, las células satélites pueden llegar a convertirse en una célula diferenciada y generar más células satélites (e.g., célula muscular o fibra muscular). A pesar de esto, se ha encontrado hipertrofia en músculos con disminución inducida de células satélites (Lee et al., 2012; McCarthy et al., 2011). Esto último es importante, pues existe evidencia que sugiere que el área de corte transversal de las fibras tipos I y II se incrementan en menor medida en las personas mayores, mientras que es considerablemente más grande en los hombres jóvenes (Mero et al., 2013). Así, parece trascendental que puedan existir otros mecanismos paralelos a las células satélites que incidan positivamente en la hipertrofia en las personas adultas mayores.

En un estudio realizado por Pinto et al. (2014), se buscó probar los efectos de un programa contra resistencia sobre el grosor de 4 músculos del muslo: a) Vasto Lateral (VL), b) Vasto Medial (VM), c) Recto Femoral (RF), y d) Vasto Interno (VI). Estos músculos

aumentaron significativamente su grosor en el grupo experimental, lo cual no ocurrió en el grupo control. El programa de entrenamiento de fuerza realizado produjo todos estos cambios ejercitando a las adultas mayores durante 6 semanas, 2 veces/semana, efectuando de 15 a 20 repeticiones las semanas 1 a la 3, y de 12 a 15 repeticiones las semanas 4 a la 6, con 2 min de descanso entre series y ejercicios.

En términos de la programación del entrenamiento, es necesario acotar que en ese estudio (Pinto et al., 2014, p. 367), se indicó que hubo una “intensidad y volumen lineal y progresivo” y que la intensidad de trabajo se estableció por el método de RM, en el que las mujeres adultas mayores tenían que efectuar las series hasta el fallo concéntrico. Esta técnica de entrenamiento permite un mayor reclutamiento de unidades motoras, eleva la liberación de factores de crecimiento hormonal y produce, entre otras cosas, un incremento en la hipertrofia comparado con aquellas técnicas que no llegan al fallo (Fleck & Kraemer, 2014a). Así, los hallazgos del presente estudio contrastan con los de Pinto et al. (2014), ya que éstos observaron que el método de fallo concéntrico provocaba mejoras significativas en el grosor muscular de los cuatro músculos evaluados, pues indujo una mayor sobrecarga muscular que al final generó las adaptaciones indicadas anteriormente.

En general, los cuatro músculos estudiados aparecen mencionados como uno solo, el cuádriceps, y tienen como acción principal extender la rodilla; sin embargo el RF por sí solo, tiene la particularidad de que también puede flexionar la cadera (Tortora & Derrickson, 2006). Lo anterior es de considerar como un posible factor de la mejora en el RF por la sobrecarga de trabajo en esa zona, dado que para la extensión de rodillas se realizaron dos ejercicios (máquina de extensión de rodillas sentado y press o prensa de piernas sentado), mientras que solo se realizó un ejercicio para abducción y aducción de caderas y para flexión de rodillas. Un meta análisis demostró que si se realizaban 4 series por grupo muscular, se

mejoraba la fuerza en personas entrenadas y no entrenadas (Rhea, Alvar, & Burkett, 2002), que fue el tipo de personas que participaron en el presente estudio. Es importante recalcar que, si bien no es directamente la masa muscular lo que se detalló en el meta análisis, sus resultados sí podrían arrojar una luz para explorar mecanismos fisiológicos que la pudieran impactar. Otro factor a considerar fue el sistema de programación de series múltiples con la misma resistencia, el cual se determinó que es el más adecuado para la hipertrofia muscular (Krieger, 2010) en personas entrenadas y no entrenadas, que nuevamente fue esta última categoría el de las personas adultas mayores participantes en el presente estudio.

Sin embargo, con respecto a la intensidad, en esta variable se presentaron considerandos un tanto distintos entre estudios. Por ejemplo, el American College of Sports Medicine (2018b) y Costa y McManus (2017), indican que los adultos mayores principiantes deberían ejercitarse a intensidades moderadas (entre el 40% - 50% y menos de un 75%, respectivamente), mientras que otros sugieren que entre un 60% y 80% estarían las intensidades adecuadas para la ganancia de fuerza e hipertrofia (Chodzko-Zajko et al., 2009; Ratamess et al., 2009). Por el contrario, Scanlon et al. (2014), obtuvieron iguales resultados que en la presente investigación en el grosor muscular del cuádriceps midiendo únicamente el VL y el RF, hallando que el grosor muscular no mostró ni interacción ni cambios significativos tanto en el RF como en el VL. Estos autores (Scanlon et al., 2014), implementaron un programa de 6 semanas de duración, con una frecuencia de 2 veces/semana, y ejecutando de 6 a 10 ejercicios de 8 a 12 repeticiones a una intensidad submáxima de ~70% a 85% de 1 RM.

9.1.4. Calidad muscular

La CM conceptualmente se define como la habilidad muscular con respecto a la función física (Fragala, Kenny, & Kuchel, 2015), y está influenciada por múltiples factores como la edad, el género, nivel de actividad física y el metabolismo (Barbat-Artigas, Rolland, Zamboni, & Aubertin-Leheudre, 2012). A nivel operacional, la CM se define como la relación entre la masa muscular y la fuerza (Chodzko-Zajko et al., 2009; Fragala et al., 2014).

La CM empezó a volverse uno de los elementos más importantes desde que se analizaron los factores que inciden en la fuerza y la masa muscular, por lo que se comenzó a investigarlos en conjunto debido a que se observó que la CM era un predictor más fuerte de la función física que la fuerza o la masa muscular por sí solos (Barbat-Artigas et al., 2013; Lynch et al., 1999; Newman et al., 2003; Tracy et al., 1999). La evidencia científica muestra distintas aristas de los efectos del envejecimiento en personas adultas mayores físicamente inactivas sobre la CM. Por ejemplo, Delmonico et al. (2009), comprobaron en un estudio de cohorte que en un lapso de cinco años, un grupo de mujeres adultas mayores presentaban una pérdida en su CM del $11.1\% \pm 23.8\%$. Newman et al. (2003), también reportaron una disminución en la CM conforme se incrementó la edad, con un valor de 11% en las mujeres entre los 70 y los 79 años, destacando a su vez la necesidad de preservar la masa magra para mantener la fuerza en el tren inferior.

Kaya, Nakazawa, Hoffman, y Clark (2013), sugieren que existe una estrecha relación entre la fuerza, el número de unidades motoras y el envejecimiento, lo que a su vez pareciera indicar que una parte de la debilidad muscular se debe a una pérdida en la función de las unidades motoras, lo que afecta la CM. Goodpaster et al. (2006), mostraron que la pérdida de masa muscular se asocia con una disminución en la producción de fuerza; sin embargo, la

disminución en la producción de fuerza es mucho más rápida que la disminución en la masa muscular, lo que podría indicar una afectación en la CM. Sin embargo, a pesar de las complicaciones que puede generar un proceso de envejecimiento físicamente inactivo en las personas adultas mayores, el ejercicio físico, específicamente la modalidad contra resistencia, puede revertir el deterioro e incluso, mejorar los parámetros de CM y por ende de funcionalidad de las personas que se encuentran en este grupo etario.

Scanlon et al. (2014), encontraron que la CM de un grupo de hombres y mujeres adultos mayores incrementó significativamente un 31.5% con respecto a los valores iniciales después de un programa de entrenamiento de 6 semanas de duración, realizado 2 veces/semana, efectuando de 2 a 4 series de 8 a 12 repeticiones y entre unos 6 a 10 ejercicios, con una intensidad aproximada entre 70%-85%. Pinto et al. (2014), comprobaron que un programa de ejercicios contra resistencia realizado por un grupo de mujeres adultas mayores, el cual se estructuró con una intensidad progresiva y en el que tenían que realizar de 2 a 3 series, 2 veces/semana de 12 a 15 repeticiones con 2 min de descanso entre series y ejercicios, con 48 h de descanso entre las sesiones, durante 6 semanas, mejoró significativamente la CM en el grupo experimental en comparación con un grupo control. Por el contrario, en la presente investigación solo se encontraron incrementos significativos entre las mediciones iniciales y finales, pero no hubo ni interacción ni diferencias significativas entre grupos. Ahora bien, es importante destacar los resultados obtenidos en los TE. Por ejemplo, el TE intra grupo control fue pequeño ($TE = 0.19$), el TE entre grupos fue moderado ($TE = 0.55$), mientras que el TE intra grupo experimental fue alto ($TE = 1.15$), resaltando el efecto del entrenamiento contra resistencia realizado por el grupo experimental.

Al segmentar la dosificación de las cargas del estudio de Pinto et al. (2014), y las de esta investigación, se observó que en el estudio de Pinto et al. (2014), el programa tuvo una

duración total de 6 semanas, y que de las semanas uno a la tres, las participantes adultas mayores realizaron 2 series de 15 a 20 repeticiones, pero durante las semanas 4 a la 6 efectuaron 3 series de 12 a 15 repeticiones, mientras que en el presente estudio se realizaron como máximo 2 series y 10 repeticiones durante 8 semanas. Anteriormente, en el apartado de grosor muscular, se había explicado que en la técnica utilizada por Pinto et al. (2014), las mujeres adultas mayores deben efectuar series hasta el fallo concéntrico, lo que posibilita tener un mayor reclutamiento de unidades motoras, a la vez que induce una liberación elevada de factores de crecimiento hormonal y produce, entre otras cosas, un incremento en la hipertrofia (Fleck & Kraemer, 2014a), comparado con aquellas técnicas que no llegan al fallo muscular, como la que se utilizó en el presente estudio.

El volumen de trabajo es otro factor importante que considerar respecto a las cargas del entrenamiento contra resistencia. Se ha encontrado que un programa con bajo volumen (1 serie por ejercicio, 2 veces/semana durante 13 semanas) genera resultados similares a uno con un alto volumen, lo que sugiere un incremento en la capacidad de adaptación neuromuscular del tren inferior y en la CM del tren inferior en mujeres adultas mayores (Radaelli et al., 2013). A esta conclusión llegaron los investigadores, quienes evaluaron la CM con tres modalidades: a) CM por intensidad del eco por ultrasonido, b) CM por fuerza por unidad de masa, y c) CM por fuerza por unidad de masa muscular ajustada por una escala alométrica. Con los tres métodos se observaron cambios significativos entre el principio y el final del programa en los dos grupos de tratamiento.

A nivel de funcionalidad, Shin, Valentine, Evans, y Sosnoff (2012), mostraron que la CM es un mejor predictor de la caminata. Así, se han podido identificar distintos mecanismos que inciden en las adaptaciones positivas de la CM producto del entrenamiento contra resistencia. Existe evidencia que indica que el ejercicio contra resistencia genera mejoras en

la estructura muscular y en la rigidez tendinosa (Reeves, Maganaris, & Narici, 2003; Reeves, Narici, & Maganaris, 2004a, 2004b), hipertrofia selectiva de fibras tipo II producto de incrementos en la cantidad de componentes mononucleares y aumento en la síntesis de componentes celulares y de proteínas que conforman los componentes contráctiles (Frimel, Sinacore, & Villareal, 2008; Hasten, Pak-Loduca, Obert, & Yarasheski, 2000; Hunter et al., 2004; Martel et al., 2006). Adicionalmente, se ha encontrado una mejor traducción del ARNm, que estimula la producción de la síntesis de proteína miofibrilar (Welle, Bhatt, & Thornton, 1999) y reclutamiento elevado de unidades motoras, así como de patrones de inervación y su consecuente aumento en la hipertrofia muscular (McArdle, Katch, & Katch, 2015e).

9.2. Habilidades físicas funcionales

Las habilidades funcionales se definen como las capacidades físicas que tienen las personas para realizar actividades básicas e instrumentales de la vida diaria de forma independiente, con seguridad y sin fatiga (Fleck & Kraemer, 2014b; Rikli & Jones, 2013a). Las actividades de la vida diaria se entienden como todas aquellas acciones cotidianas y del vivir de manera independiente, tales como sentarse y levantarse de una silla, usar el servicio sanitario, ir de compras, bañarse, peinarse, comer y lavarse los dientes (Rikli & Jones, 2013a; Wiener, Hanley, Clark, & Van Nostrand, 1990).

Existe evidencia que muestra que una pérdida en la fuerza se relaciona directamente con impactos negativos en la movilidad, y con incrementos en accidentes producto de la poca producción de fuerza y de un mal equilibrio (R. B. Johnston, Howard, Cawley, & Losse, 1998; Tarpenning, Hamilton-Wessler, Wiswell, & Hawkins, 2004). De manera

concomitante, se conoce también que la inactividad física produce daños en la capacidad para efectuar actividades básicas e instrumentales de la vida diaria en personas adultas mayores (Costa & McManus, 2017; Christmas & Andersen, 2000; Fleck & Kraemer, 2014b). Debido a esto, el monitoreo de un posible envejecimiento con deterioro en las personas adultas mayores es clave, pues el nivel del cambio a un estado de deterioro incide en la edad en la que la persona se vuelve dependiente; es decir, cuando la persona requiere de ayudas externas (Lloyd & Faigenbaum, 2018). Aproximadamente 5% de las personas adultas mayores son catalogadas como atletas y físicamente muy entrenadas, 65% como funcionalmente independientes, y 30% son diagnosticados como frágiles y funcionalmente dependientes, reforzando nuevamente la necesidad de evaluar continuamente a esta población (Spiriduso, Francis, & MacRae, 2005a).

Lo anterior es crítico, ya que las personas adultas mayores que no tienen condiciones para desempeñarse independientemente en la mayoría de las actividades de la vida diaria, terminan ingresando a centros con cuidados médicos (National Institutes of Health, 2012). Por lo tanto, es importante observar la denominada “Red de habilidad funcional” establecida por Rikli y Jones (2013b), que muestra las variables físicas que se requieren para efectuar distintas funciones, las cuales son necesarias para efectuar las distintas actividades básicas y de mayor requerimiento motor. Se puede inferir que un deterioro en una parte de esta red impactará negativamente los elementos relacionados directamente con la variable en cuestión, mientras que un fortalecimiento y mejoría en una de estas variables, incidirá positivamente en los demás aspectos que se encuentren integrados a esta variable.

Con respecto a la fuerza, se ha relacionado la fuerza del tren inferior con la capacidad para subir y bajar gradas, caminar, sentarse y levantarse de una silla (Rikli & Jones, 2013b). Si bien la fuerza del tren inferior y superior es trascendental, es la fuerza del tren inferior la

que predice en mayor grado el inicio de un estado disfuncional en un futuro (Guralnik et al., 2000). Ahora bien, aunque todo lo anterior pareciera dar una idea negativa del proceso de envejecimiento con respecto a la función física, distintos estudios han hallado que el entrenamiento contra resistencia puede revertir el deterioro funcional y fisiológico, produciendo mejoras considerables en las habilidades funcionales y por ende, en la independencia funcional (Costa & McManus, 2017; Fleck & Kraemer, 2014b; Hurley & Roth, 2000; Macaluso & De Vito, 2004).

9.2.1. Levantarse y sentarse durante 30 s

Para Slaughter et al. (2015) y Rikli y Jones (2013b), la capacidad que posean las personas adultas mayores para sentarse y levantarse de una silla se relaciona con la habilidad para efectuar diversas actividades básicas cotidianas, tales como caminar, levantarse de una silla o vestirse, por lo que recomiendan intervenciones que permitan mantener estos aspectos dentro de los límites de la funcionalidad, especialmente en las personas adultas mayores. De las modalidades de trabajo físicos que se pueden realizar para mejorar la acción de levantarse y sentarse, el entrenamiento contra resistencia es uno de los más versátiles (Theou et al., 2011).

Fujita, Taaffe, Yoshitake, y Kanehisa (2019), intervinieron un grupo de 14 adultos mayores (7 mujeres, 7 hombres) entre los 75-88 años, durante 12 semanas, 3 sesiones por semana. Los investigadores le pidieron a este grupo que efectuaran los movimientos de sentarse y levantarse de una silla 48 veces siguiendo una canción. Cada 3 s efectuaban una repetición y, por cada verso de la canción, podían efectuar 12 repeticiones. Ya que cada estrofa estaba compuesta de cuatro versos, así podían completar las 48 repeticiones. De las

variables evaluadas en el estudio, el torque de la extensión de rodillas y la electromiografía relativa a una máxima contracción voluntaria mostraron diferencias estadísticamente significativas al final del programa con respecto la evaluación inicial. Así, los resultados mostraron que personas adultas mayores frágiles pueden beneficiarse de un programa de ejercicios que consiste en realizar de manera repetida los movimientos de sentarse y levantarse, pues incrementan la fuerza de los músculos extensores de la rodilla.

En el presente estudio, la prueba LSS-30 s se usó para determinar la fuerza del tren inferior, pues presenta correlaciones altas con las pruebas de laboratorio estándar como 1 RM para extensión de rodillas (Bohannon, 2002; Rikli & Jones, 2013c). Además, tiene la particularidad de percibir cambios producto de los tratamientos implementados en distintas poblaciones de personas adultas mayores (Dobek, White, & Gunter, 2007; Yan, Wilber, Aguirre, & Trejo, 2009), así como en personas con características especiales como accidentes cerebrovasculares y fibromialgia (Johansen, Stistrup, Madsen, Schjøtt, & Vinther, 2015; C. J. Jones, Rutledge, & Aquino, 2010), por lo que resulta una prueba bastante versátil para determinar niveles de funcionalidad.

Milanović et al. (2013), analizaron las posibles diferencias en la funcionalidad de un grupo de hombres y mujeres adultas mayores jóvenes (60-69 años) y mayores (70-80 años). En el caso de las mujeres, las adultas mayores más jóvenes mostraron un mejor nivel de desempeño en la prueba LSS-30 s que las mujeres adultas mayores de más edad. Estos resultados se atribuyen al proceso de envejecimiento con deterioro, especialmente por una reducción de la fuerza en los miembros inferiores.

Por otra parte, Gouveia et al. (2013), realizaron un estudio para establecer las normas de funcionalidad en un grupo de hombres y mujeres adultas mayores portuguesas por medio del Senior Fitness Test (SFT). Los investigadores hallaron que las mujeres físicamente

activas y las mujeres promedio tenían mejores valores de funcionalidad en la prueba LSS-30-s que las mujeres físicamente inactivas, mostrando además, que las mujeres adultas mayores con puntajes bajos en esta prueba están en riesgo de clasificar en la zona de disfuncionalidad.

En otro estudio (Carvalho, Marques, & Mota, 2009), se determinó el efecto de un programa de entrenamiento multicomponentes (i.e., ejercicios aeróbicos, ejercicios contra resistencia y ejercicios de agilidad) de 8 meses de duración y 3 meses de desentrenamiento, y su efecto en la función física de un grupo de mujeres adultas mayores. Los análisis mostraron que el entrenamiento incrementó significativamente en un 27.3% la fuerza del tren inferior medida en la prueba LSS-30 s. En la presente investigación, el grupo experimental mejoró significativamente su fuerza del tren inferior al final del programa y tuvo un desempeño significativamente mejor que el grupo control. Ya Pinto et al. (2014), habían establecido que el entrenamiento contra resistencia inducía adaptaciones neuromotoras importantes, cambios positivos en la cantidad de masa muscular y en la fuerza, que se traducen en una mejor CM. A la vez, esa CM se correlacionaba significativamente con el desempeño mostrado por las mujeres adultas mayores en la prueba LSS-30 s ($r = 0.62$).

De manera similar, Marsh et al. (2009), aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza y potencia para determinar su impacto en la función física a un grupo de adultos mayores con problemas auto reportados para realizar actividades de la vida diaria. Una de las áreas de la función física fue la fuerza de piernas, evaluada con una variante de la prueba de sentarse y levantarse. En ese estudio no se encontraron cambios significativos después de la intervención efectuada, la cual consistió de 12 semanas de entrenamiento contra resistencia, con una frecuencia de 3 veces/semana, a una intensidad de ~70% de 1 RM, con 3 series de 8 a 10 repeticiones, y ~60 min para las máquinas de extensión de rodillas y press de piernas.

Con ese programa, para la segunda semana ya los participantes alcanzaron ~70% de 1 RM, y a las máquinas se les ajustó el peso cada 2 semanas. Este programa es parecido al de la presente investigación; de hecho, posee una mayor cantidad de series, frecuencia y duración; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la prueba de levantarse y sentarse cinco veces.

Al analizar superficialmente los hallazgos pareciera no haber una explicación para no haber encontrado diferencias significativas al final del programa; sin embargo, al analizar más a fondo los componentes de toda la sesión de entrenamiento, se observa que al principio de las sesiones durante la fase de calentamiento, los adultos mayores realizaron 5 min de ejercicios de estiramiento. Rabita et al. (2013), habían indicado que el calentamiento con estiramiento disminuye la fuerza de manera aguda, incluso hasta 60 min después de haberse realizado (Fowles, Sale, & MacDougall, 2000), lo que pudo haber afectado la producción de fuerza en el momento de su evaluación, y por ende, no se encontraran diferencias estadísticamente significativas en dicho estudio. Aunque todavía quedan por investigar las diferentes formas de ejercicios de estiramiento y su efecto sobre la fuerza muscular, la evidencia reciente también indica que el estiramiento estático no aumenta la fuerza, aunque si lo hace el estiramiento dinámico (Su, Chang, Wu, Guo, & Chu, 2017).

Entre los mecanismos que explican el porqué de una mejoría en la capacidad de levantarse y sentarse en una silla, destacan una adaptación en el control neuromotor, un reclutamiento elevado de las unidades motoras y un aumento en los patrones de inervación muscular (Lloyd & Faigenbaum, 2018; McArdle et al., 2015e).

9.2.2. Agilidad

Otro factor importante para la funcionalidad del adulto mayor que puede beneficiarse con el entrenamiento contra resistencia es la agilidad. La agilidad se define como la capacidad que tiene una persona para moverse y cambiar de dirección lo más rápido posible (J. A. Peterson & Franklin, 2010; Rikli & Jones, 2013b). La evaluación de esta variable en las personas adultas mayores es vital para determinar la capacidad de movilidad en distintas situaciones, tales como revisar inmediatamente algún evento que resulte en una emergencia potencial, o salir rápido de un autobús (Bryant & Green, 2010; Rikli & Jones, 2013c). Es importante recalcar lo anterior, en cuanto a que la agilidad impacta directamente en la movilidad, ya que la movilidad es la capacidad que se tiene para desplazarse de un lado a otro de manera independiente y segura (Rose, 2005). Rikli y Jones (2013b), concuerdan con lo anterior al indicar que la agilidad ha sido identificada como un factor que permite predecir el riesgo de caídas y la movilidad para efectuar distintas tareas de la vida diaria.

Existe evidencia que muestra las conexiones entre el deterioro en la masa muscular, la fuerza, el deterioro funcional y la fragilidad de las personas mayores. Por ejemplo, Janssen et al. (2002), mostraron una probabilidad tres veces mayor de padecer deterioro funcional y discapacidad en mujeres adultas mayores con sarcopenia que en mujeres adultas mayores con una masa musculoesquelética normal. Con respecto a las caídas, los problemas en la movilidad y en la función física en general, se han asociado entre otras cosas con deterioro cognitivo, con una disminución en la calidad de vida y el bienestar y con disminuciones sustanciales en los niveles de actividad física (Davis, Bryan, Best, et al., 2015; Davis, Bryan, Li, et al., 2015; Makizako et al., 2013; Milanović et al., 2013; Viana et al., 2013), lo que muestra la importancia de conocer el nivel de agilidad en esta población.

A pesar de lo anterior, la evidencia científica muestra que se cuenta con alternativas para mejorar este panorama. Entre las alternativas para mejorar la agilidad están el ejercicio físico y la actividad física. Propiamente, es conocido que la actividad física tiene un impacto positivo sobre la agilidad y la función física de las personas adultas mayores independientemente de si poseen peso normal, sobrepeso u obesidad (I. A. Lang, Guralnik, & Melzer, 2007). De las modalidades de ejercicio físico, el ejercicio contra resistencia es el que ha mostrado tener un efecto alto sobre los aspectos relacionados con la función física, entre estas la agilidad (J. A. Peterson & Franklin, 2010). La literatura científica muestra que el ejercicio contra resistencia realizado de 2 a 3 veces/semana mejora sustancialmente la condición de debilidad y de fragilidad de las personas adultas mayores (Seguin & Nelson, 2003).

Un estudio realizado por Pijnappels, Reeves, Maganaris, y Van Dieen (2008), analizó el impacto del ejercicio contra resistencia sobre el riesgo de caídas en un grupo de personas adultas mayores. Uno de los más grandes temores en las personas de este segmento etario es el momento del tropiezo, o lo que es lo mismo, la antesala de la caída. Estos autores explican que una baja rigidez de los tendones en esta población conduce a una menor tasa de momento angular y una menor retroalimentación de las señales aferentes, lo que incide en una menor velocidad de respuesta al tropiezo. Asimismo, la velocidad y fortaleza de empuje de la pierna de soporte durante el tropiezo podría ser un factor en la fase del recobro del balance y evitar así la caída. Para este estudio sobre caídas, los investigadores sometieron a un grupo de adultos mayores a un programa de ejercicios contra resistencia en máquinas durante 16 semanas, 2 veces/semana, 3 series, alrededor de 8 repeticiones y aproximadamente a un 80% de 3RM para los ejercicios de extensión de rodillas, press de piernas y elevación de talones. Los resultados mostraron que el grupo experimental mejoró significativamente su fuerza de

empuje contra el suelo con respecto al grupo control, lo que implica que es posible obtener un mejor balance por medio del entrenamiento contra resistencia.

Otros investigadores (J. A. Hess & Woollacott, 2005), determinaron incrementos significativos en la prueba de agilidad entre el grupo experimental y el control después de someter a personas adultas mayores con deterioro en su balance, a un programa de 10 semanas de fuerza de alta intensidad. En este estudio los investigadores utilizaron la prueba Timed-up-&-go que se aplica similar al test de Agilidad solo que en una distancia de 3 m.

De igual modo, Pinto et al. (2014), aplicaron un programa de ejercicios contra resistencia de 6 semanas, 2 veces/semana, de 2 a 3 series y entre 12 a 15 repeticiones en un grupo de mujeres adultas mayores. El programa mejoró significativamente la agilidad de las adultas mayores del pre-test al post-test del grupo experimental, y entre el grupo experimental y el grupo control. Los hallazgos entre el estudio de Pinto et al. (2014), y la presente investigación son concordantes tanto en las comparaciones dentro del grupo experimental como entre grupos. Cabe agregar que en ese estudio se utilizó la misma prueba de la presente investigación.

Para poder evaluar la agilidad en este estudio, se utilizó la prueba de agilidad de Levantarse y andar 2.44 m. Esta prueba, tiene la fortaleza de poder distinguir entre quienes sufren caídas y quienes no (Rose, Jones, & Lucchese, 2002), por lo que es imprescindible de evaluar en grupos de personas adultas mayores.

9.3. Rendimiento Cognitivo

El envejecimiento está relacionado con un deterioro en el rendimiento cognitivo y por una disminución de las áreas neuroquímicas, estructurales y funcionales del cerebro, así

como por mecanismos compensatorios que no necesariamente son indicadores de mayor eficiencia neural (Grady, 2008, 2012). Dentro del área de la cognición, uno de los aspectos claves lo constituyen las funciones ejecutivas, las cuales buscan que las personas se puedan adaptar a realidades nuevas y complejas distintas de las cotidianas y automatizadas (Rosselli, Jurado, & Matute, 2008). Sin embargo, estas habilidades también son susceptibles al deterioro durante el proceso de envejecimiento (Ardila & Rosselli, 2007).

Aunque lo anterior pareciera mostrar que el envejecimiento es totalmente perjudicial para la cognición, se ha encontrado que personas adultas mayores que realizan ejercicio físico pueden aminorar el deterioro cognitivo así como la atrofia cerebral (Best, Chiu, Hsu, Nagamatsu, & Liu-Ambrose, 2015; Erickson et al., 2015; Northey, Cherbuin, Pumpa, Smee, & Rattray, 2018; Vaportzis, Niechcial, & Gow, 2019). Se ha observado que el ejercicio incide en una reducción del riesgo de padecer serias condiciones neurológicas o cognitivas tales como demencia y la enfermedad de Alzheimer (Jia, Liang, Xu, & Wang, 2019; Penedo & Dahn, 2005). Además se han encontrado fuertes relaciones positivas entre el ejercicio y una gran variedad de tareas cognitivas (Moreau & Conway, 2013) y en la cognición global durante el envejecimiento (Cancela-Carral & Ayán-Pérez, 2007). En un reciente meta análisis (Falck, Davis, Best, Crockett, & Liu-Ambrose, 2019), se estimó que la magnitud del efecto del ejercicio sobre las cogniciones es moderado ($d = 0.36$, $IC_{95\%}: 0.21, 0.52$); sin embargo, quedan muchas dudas acerca de variables moderadoras de ese efecto, como por ejemplo, frecuencia, intensidad, duración, modalidad y progresión del ejercicio. También quedan dudas acerca de las diferentes dimensiones de la cognición que puedan verse afectadas por el ejercicio.

9.3.1. Memoria de corto plazo

Esta variable del espectro cognitivo busca evaluar la habilidad de mantener la información espacial activa en la memoria de trabajo en un lapso breve de tiempo (van Asselen et al., 2006). En un estudio realizado por Ballesteros et al. (2014), se analizó el impacto de un programa de entrenamiento cognitivo con video juegos en un grupo de personas adultas mayores. El grupo experimental realizó 20 sesiones de 60 min durante 10 a 12 semanas. El grupo control solo asistió a tres reuniones con el equipo investigador durante todo el proceso. Los resultados no mostraron una mejoría en la memoria de corto plazo al final del programa. Posteriormente, a este mismo grupo de personas adultas mayores, se les dio seguimiento por tres meses más para evaluar el efecto de retención y tampoco se observaron mejorías (Ballesteros et al., 2015). El efecto de los juegos de video sobre cogniciones en adultos mayores ha sido meta analizado recientemente (Mansor, Chow, & Halaki, 2019), y se han encontrado limitados beneficios. Los resultados de ambos estudios concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

Newson y Kemps (2006), realizaron un estudio de corte transversal en el que compararon 4 grupos de distintas edades, uno de jóvenes (entre los 18 y los 26 años) y tres de personas adultas mayores (65 a 74 años, 75 a 84 años y 85 a 92 años) en cuanto a su capacidad cardiorrespiratoria y diversas variables cognitivas. Se halló que la aptitud cardiorrespiratoria es un buen predictor de la cognición, y que en general la memoria de corto plazo tendió a empeorar conforme aumentaba la edad ($r = -0.51$). De manera similar, otro estudio de Newson y Kemps (2008), buscó asociar esta vez el desempeño en distintas variables cognitivas de adultos jóvenes con baja y alta capacidad aeróbica y de adultos mayores con las mismas características de aptitud física. Se determinó que entre más alto era

el nivel de aptitud física, era mejor el desempeño en las variables cognitivas estudiadas; así mismo, entre menor era la edad, mejor era el desempeño en las pruebas.

Cassilhas et al. (2007), analizaron el impacto de un programa de ejercicios contra resistencia sobre variables cognitivas, incluyendo la memoria de corto plazo. En ese estudio, se contó con un grupo control y dos experimentales. Los investigadores sometieron a dos grupos de personas adultas mayores a un programa de entrenamiento contra resistencia de 24 semanas de duración, 3 veces/semana, durante 60 min, solo que uno de los grupos trabajó a moderada intensidad (~50% de 1 RM) y el otro a alta intensidad (~80% de 1RM), efectuando 2 series de 8 repeticiones por ejercicio. Los resultados no mostraron mejoras significativas en la memoria a corto plazo ni entre los grupos de tratamiento ni en comparación con el control. A diferencia de la presente investigación, este estudio duró 3 veces más (24 semanas) y trabajó a una mayor frecuencia por semana (3 veces/semana vs 2 veces/semana), por lo que tuvo más carga física para generar cambios, pero aun así no se lograron.

Esos resultados fueron similares a los obtenidos en la presente investigación. Es posible que los resultados no variaran por la carga de trabajo realizada y, además, distintas variables cognitivas, en cuenta la del presente apartado, parecen obtener cambios positivos en algunos estudios pero no en otros (Clifford, Bandelow, & Hogervorst, 2009), por lo que se requiere establecer de manera puntual las cargas de trabajo en estudios posteriores.

Colcombe y Kramer (2003), habían mostrado que el ejercicio aeróbico y el combinado (aeróbico y contra resistencia) producían TE moderados sobre la cognición; sin embargo, también encontraron que los programas de ejercicios combinados eran significativamente mejores que los de solo ejercicios aeróbicos, por lo que se requiere observar distintas modalidades de ejercicio con sus respectivas dosificaciones y así, poder establecer relaciones de causalidad en esta variable.

9.3.2. Velocidad psicomotora y atención y flexibilidad mental

La velocidad psicomotora se define como el tiempo que se requiere para poder efectuar distintas actividades mentales (Sweet, 2011). Esta dimensión cognitiva es crítica pues es un predictor del rendimiento de ejecución de actividades instrumentales de la vida diaria; por ejemplo, ver rápidamente y marcar números de teléfono, contar el cambio en una compra y leer etiquetas de productos (Ball, Edwards, & Ross, 2007).

Liu-Ambrose et al. (2010), evaluaron la velocidad psicomotora y la atención en dos grupos de mujeres adultas mayores que fueron sometidas a un programa de ejercicios contra resistencia durante 12 meses, un grupo 1 vez/semana y el otro 2 veces/semana; un tercer grupo fungió como un grupo control activo. El programa constó de 2 series de 6 a 8 repeticiones, incrementando el peso con el método de 7 RM si se observaba que el peso lo podían controlar fácilmente. Los resultados no mostraron diferencias significativas ni entre grupos ni entre mediciones, lo que pareciera indicar que, con respecto a la velocidad psicomotora el entrenamiento contra resistencia es selectivo en sus efectos.

La cantidad de ejercicios contra resistencia fue muy parecida, 8 en el estudio de Liu-Ambrose et al. (2010), y 7 en el presente estudio, y la frecuencia de sesiones era la misma (2 veces/semana); sin embargo, el número de repeticiones si fue diferente, pues en el presente estudio se realizaron de 8 a 10 mientras que en el otro, de 6 a 8. Futuros estudios deberán indagar acerca de la posibilidad que sea la carga semanal de trabajo lo que produzca un mayor estrés fisiológico que incida en los cambios.

Nouchi et al. (2012), evaluaron los posibles beneficios de juegos cognitivos sobre la velocidad de procesamiento. Para esto, sometieron a un grupo de adultos mayores a realizar

distintos juegos cognitivos por 4 semanas, al menos 5 veces/semana durante unos 15 min. Los resultados mostraron que estos juegos producían un impacto positivo sobre la velocidad de procesamiento. Otro estudio por Nouchi et al. (2014), intervino a dos grupos de adultos mayores, uno fungió como control y el otro como experimental. El grupo experimental realizó una combinación de tres tipos de ejercicios (estiramiento, ejercicios aeróbicos y contra resistencia), 3 veces/semana durante 4 semana. Los análisis indicaron mejorías en la velocidad de procesamiento.

Anteriormente se había probado que la aptitud cardiorrespiratoria era un buen predictor de la velocidad de procesamiento después de un seguimiento longitudinal por 6 años (Barnes, Yaffe, Satariano, & Tager, 2003); sin embargo, también se detalló que los efectos atribuibles al ejercicio aeróbico eran en realidad, pequeños, sugiriendo que el ejercicio aeróbico produce cambios específicos a diversos aspectos de la cognición (P. J. Smith et al., 2010).

Otro aspecto de la cognición medido en este estudio fue la flexibilidad mental, la cual se define como la habilidad mental para cambiar entre distintos conceptos, por lo que requiere de un control inhibitorio (Ortega-Araya, 2013). La flexibilidad mental se cuenta entre las variables que componen las funciones ejecutivas, que son todas aquellas destrezas cognitivas que son imprescindibles para planear y evaluar el ambiente (Lezak, Howieson, Loring, & Fischer, 2004). Esta variable cognitiva es importante en el caso de las personas adultas mayores pues se ha observado un bajo desempeño en las funciones ejecutivas junto con una velocidad disminuida en la caminata, aumento en la frecuencia de caídas y una afectación en las tareas cognitivas complejas (Hausdorff, Yogev, Springer, Simon, & Giladi, 2005; Oosterman et al., 2010). Al igual que otras variables cognitivas, existe evidencia que muestra

que la flexibilidad mental se asocia positivamente con el ejercicio físico (Clifford et al., 2009).

En un estudio realizado por Eggenberger, Schumacher, Angst, Theill, y de Bruin (2015), se encontraron cambios significativos entre grupos de tratamiento en la flexibilidad mental. Los investigadores establecieron tres grupos: a) juego de baile en realidad virtual, b) caminata en banda sin fin combinado con un entrenamiento de memoria verbal, y c) caminata en banda sin fin. A las tres intervenciones se les añadieron ejercicios contra resistencia y de equilibrio. El estudio se desarrolló durante 6 meses con un seguimiento de 12 meses, con valoraciones a los 3 meses de iniciado el programa, a los 6 meses y después hasta el final del año de seguimiento. A los 3 meses los grupos de tratamiento habían mejorado significativamente la flexibilidad mental comparado con sus respectivos valores iniciales, pero de manera interesante, mejoró desde el final de los 6 meses hasta el final del año de seguimiento.

Otros investigadores no han sido capaces de encontrar cambios significativos en la flexibilidad mental. Por ejemplo, Liu-Ambrose et al. (2008), aplicaron un programa de prevención de caídas en personas adultas mayores durante 6 meses para determinar sus posibles efectos en una serie de variables, entre estas, la flexibilidad mental. Los resultados mostraron que este programa no mejoró la flexibilidad mental al final del programa. De manera similar, Liu-Ambrose et al. (2010), compararon los efectos de dos programas de ejercicios contra resistencia, uno de 1 vez/semana y el otro realizado 2 veces/semana durante 52 semanas. Se evaluó al principio, a la mitad y al final del programa. Cada programa se desarrolló con 2 series por ejercicio, de 6 a 8 repeticiones y una duración de 1 hora. No se encontraron diferencias significativas a la mitad del programa entre los grupos ni al final del mismo en la flexibilidad mental.

En el presente estudio, la flexibilidad mental mostró los mejores efectos entre todas las variables cognitivas evaluadas. Es posible que el entrenamiento contra resistencia activara una serie de mecanismos que incidieran en mayor forma en la flexibilidad mental y no en las otras variables cognitivas. En vista de los hallazgos inconsistentes reportados en la literatura, Wilke et al. (2019), meta analizaron el efecto del ejercicio contra resistencia, y Wu et al. (2019), meta analizaron el efecto de ejercicios denominados mente-cuerpo (e.g., Yoga, Tai Chi, baile) sobre la flexibilidad mental, éste último específicamente en adultos mayores. En ambos meta análisis se encontró un efecto positivo del ejercicio sobre la flexibilidad mental al compararlos con los grupos controles. En el estudio de Wilke et al. (2019), la magnitud estuvo entre baja y moderada ($d = 0.36$, $IC_{95\%}: 0.17, 0.55$), y en el estudio de Wu et al. (2019), la magnitud fue baja (Diferencia media = -8.80 ; $IC_{95\%}: -15.22, -2.38$). Otro meta análisis específico acerca del efecto del entrenamiento contra resistencia sobre las funciones ejecutivas en la población general, incluyendo la flexibilidad mental (Landrigan, Bell, Crowe, Clay, & Mirman, 2019), también reporta efectos positivos de magnitud entre baja y moderada ($TE = 0.39$, $IC_{95\%}: 0.04, 0.74$).

9.3.3. Memoria de trabajo

La memoria de trabajo explica un grupo específico de procesos que requieren almacenar activamente, mantener y manipular la información para que esta pueda ser accesada en un lapso corto; además, involucra una actualización de la información, reemplazando la información antigua y no relevante con información actualizada que se está recibiendo (Liu-Ambrose et al., 2008; Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson, & Valentini, 2009). Esta memoria puede afectarse por un envejecimiento físicamente inactivo. Shay y

Roth (1992), evaluaron la memoria de trabajo en tres grupos etarios distintos; dos grupos de adultos jóvenes (uno entre los 18 y 28 años y el otro entre los 35 y los 45 años) y el otro de adultos mayores (60 y 73 años). A los grupos también se les categorizó si poseían un alto nivel o un bajo nivel de aptitud física. Los resultados mostraron una interacción significativa indicando que el grupo de más edad y más bajo nivel físico tuvo un menor desempeño en la prueba.

Lachman, Neupert, Bertrand, y Jette (2006), encontraron que un programa de entrenamiento de fuerza puede mejorar la memoria de trabajo, sobre todo si este tiene una alta carga física. Pontifex et al. (2009) manifestaron que se requiere de más evidencia de estudios que permitan detallar las características del entrenamiento contra resistencia y las demandas cognitivas, que esta y otras variantes de su aplicación, pueden generar en las personas, así como los posibles mecanismos que se puedan observar producto de la realización de esta modalidad de ejercicio. El estudio más reciente del que se pueden extraer algunas respuestas (Northey et al., 2018), indica que, en general, el ejercicio contra resistencia, con una duración de entre 45 y 60 min por sesión, con una intensidad al menos moderada, que se pueda realizar de 5 a 7 días/semana, y de 13 a 26 semanas, produce cambios significativos en las funciones ejecutivas, incluyendo la memoria de trabajo. Sin embargo, no se han encontrado cambios específicos en la memoria de trabajo en personas adultas mayores sanas, con deterioro cognitivo moderado o con demencia (Gomes-Osman et al., 2018).

9.4. Bioquímica sanguínea

Los ejercicios de fuerza muscular envían distintas señales al organismo, produciendo a su vez una serie de cambios que alteran diferentes sistemas orgánicos, entre estos al sistema endocrino, el cual se encarga de liberar una serie de hormonas que estimulan el crecimiento de la masa muscular; una de las más estudiadas es el IGF-I (Kraemer, 2017; Powers & Howley, 2012a).

9.4.1. Factor de crecimiento insulínico tipo I

Los factores de crecimiento IGF, son polipéptidos con funciones anabólicas muy elevadas que se han relacionado directamente con el crecimiento muscular, en las unidades motoras y son producidos en el hígado y en el músculo durante el ejercicio contra resistencia (Kostek et al., 2005; Kraemer, Fragala, & Volek, 2017; McArdle et al., 2015c; Nindl & Pierce, 2010). Durante el envejecimiento con deterioro, las unidades motoras continuamente se están remodelando; sin embargo, este proceso se deteriora al punto de producir la atrofia muscular por denervación, dañando de manera irreversible las fibras musculares, en mayor medida las fibras tipo II y disminuyendo la concentración del IGF-I (Hameed, Harridge, & Goldspink, 2002; Hameed et al., 2004; McArdle et al., 2015e).

Taekema et al. (2011), encontraron que el IGF-I disminuye con la edad pero que, aun así, se han encontrado asociaciones positivas en las concentraciones de IGF-I con la fuerza de prensión de mano y con actividades de la vida diaria en mujeres adultas mayores, pero no en hombres, lo que indica una posible predominancia del género del IGF-I sobre la fuerza. Sin embargo, independientemente de lo anterior, se observa la necesidad de implementar estrategias que incrementen la fuerza y que simultáneamente, liberen sustancias que brinden soporte al sistema musculoesquelético para su buen funcionamiento.

Para que el IGF-I sea liberado y genere sus efectos anabólicos, se requiere de una serie de acciones endocrinas y de secuencias. Primero, el ejercicio contra resistencia estimula el hipotálamo, el cual libera la hormona liberadora de la hormona de crecimiento, que induce a su vez su liberación desde la glándula pituitaria. La hormona del crecimiento provoca la liberación del IGF-I desde el hígado y los músculos, estimulando la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular (Powers & Howley, 2012a). Kostek et al. (2005), observaron que un polimorfismo del IGF-I podría incidir en la respuesta de la fuerza a un programa de ejercicios contra resistencia.

Existe evidencia que muestra los efectos del entrenamiento contra resistencia sobre el IGF-I. Arnarson, Geirsdottir, Ramel, Jonsson, y Thorsdottir (2015), sometieron a un grupo de personas adultas mayores a un entrenamiento contra resistencia de 12 semanas, 3 veces/semana, 3 series, de 6 a 8 repeticiones, entre un 75% y un 80% de 1 RM. Al final del programa, los investigadores encontraron que, individualmente, el IGF-I se incrementó en un 39% de los participantes y disminuyó en un 59%. Además, de manera general, el IGF-I disminuyó significativamente al final del programa. Con base en el análisis efectuado, se observó que hubo una respuesta muy variable del IGF-I al ejercicio, por lo que se sugiere investigar los distintos mecanismos que pueden estar incidiendo en la disminución o aumento del IGF-I.

Una razón que podría explicar esa inconsistencia, se debe a que los incrementos en el IGF-I circulante y que fueron producidos por el ejercicio no están ligados de manera fortuita con la transmisión local del IGF-I, lo que muestra que las concentraciones del IGF-I dependen de distintos mecanismos de respuesta (Nindl et al., 2012). Asimismo, es posible que existan respuestas específicas del IGF-I dependientes de la modalidad de ejercicio trabajado (Gregory et al., 2013).

En el presente estudio, se encontró que las concentraciones de IGF-I aumentaron de sus valores iniciales a sus valores finales; sin embargo, ese aumento fue independiente del grupo de estudio. Es decir, tanto el ejercicio de estiramiento con Tai Chi y el ejercicio contra resistencia produjeron aumentos significativos en el IGF-I luego de 8 semanas. La magnitud del efecto del estiramiento con Tai Chi fue alto ($TE = 0.85$) y la del entrenamiento contra resistencia fue moderado ($TE = 0.73$). Es por esto que, si bien existen investigaciones que muestran la relación existente entre el ejercicio contra resistencia y el IGF-I (Chen, Chung, Chen, Ho, & Wu, 2017), se requiere de más investigaciones para indagar los efectos de esta modalidad de ejercicios, su dosificación y la posible interacción de distintos mecanismos y sustancias sobre esta hormona (Kraemer, Vingren, & Spiering, 2018).

9.5. Integración de los hallazgos

En el presente estudio se observó que, de manera general, el entrenamiento contra resistencia permitió mejorar la fuerza muscular, la funcionalidad, y la flexibilidad mental en comparación con los resultados del grupo control.

La mejoría de la fuerza muscular impactó positivamente la función física, analizada mediante dos ámbitos relacionados con la funcionalidad en actividades de la vida diaria como la agilidad y levantarse y sentarse de una silla de forma repetida. Estos beneficios ocurrieron en ausencia de cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal y de la MILG, que representarían en conjunto la cantidad de masa muscular que podría activarse para realizar actividades físicas. Además, el grosor y la calidad musculares al final de las 8 semanas de estudio fueron similares entre los grupos, por lo que los cambios positivos en la fuerza y la

funcionalidad se podrían explicar, principalmente, por adaptaciones neuromotoras, las cuales han sido descritas en la literatura pero que no fueron medidas en este estudio.

Las variables cognitivas incluidas en este estudio no cambiaron significativamente con las actividades realizadas por las participantes del grupo control y del experimental. Por tal motivo, tanto realizar ejercicios de estiramiento con Tai Chi y realizar entrenamiento contra resistencia durante 8 semanas no producen cambios (positivos o negativos) en la memoria a corto plazo, memoria de trabajo, velocidad psicomotora y atención. Sin embargo, el entrenamiento contraresistencia sí produjo cambios significativos positivos en la flexibilidad mental de las adultas mayores. Este es un hallazgo relevante para la literatura especializada debido a la escasa cantidad de estudios acerca del entrenamiento contra resistencia y su efecto sobre la flexibilidad mental en adultas mayores.

Finalmente, otro hallazgo relevante fue el aumento de la concentración de IGF-I en ambos grupos de estudio luego de 8 semanas de realizar actividad física y entrenamiento. Aunque se esperaba que el grupo que realizó ejercicio contra resistencia obtendría mayores valores que el grupo que realizó estiramientos y Tai Chi debido al mayor volumen de trabajo total realizado, no fue posible encontrar esa diferencia. En todo caso, este aumento es beneficioso para las adultas mayores debido a la demostrada importancia de los factores de crecimiento para la salud cerebral.

10. Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones del estudio utilizando como guía las hipótesis planteadas inicialmente:

H₁: No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la MILG, fuerza muscular, GM y la CM de la primera medición (pre-test) y la segunda medición (post-test) tanto en el grupo control como el experimental.

Ambos grupos no mejoraron la MILG, fuerza de extensión de rodillas (experimental y control), fuerza de abducción (experimental y control), fuerza de espalda (control), ni el grosor muscular de los músculos Recto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL), Vasto Medial (VM), ni Vasto Interno (VI) (experimental y control), ni la calidad muscular (experimental y control).

H₂: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la MILG, fuerza muscular, GM y la CM de la primera medición (pre-test) a la última medición (post-test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

El programa de ejercicios contra resistencia mejoró la fuerza de extensión (experimental), flexión de rodillas (experimental y control), press de pecho (experimental), aducción de caderas (experimental), fuerza de espalda (experimental) y press de piernas (experimental y control).

H₃: No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad de la primera medición (pre-test) y la segunda medición (post-test) tanto en el grupo control como el experimental.

El grupo control no mejoró la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad.

H4: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad de la primera medición (pre-test) a la última medición (post-test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

El programa de contra resistencia mejoró la capacidad para levantarse y sentarse de una silla y la agilidad

H5: No se encontrarán diferencias estadísticamente significativas en la memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental y memoria de trabajo de la primera medición (pre-test) y la segunda medición (post-test) tanto en el grupo control como el experimental.

El grupo experimental no mejoró la memoria a corto plazo ni la memoria de trabajo ni la velocidad psicomotora y atención y el grupo control no mejoró en ninguna de las variables cognitivas evaluadas (memoria a corto plazo, memoria de trabajo, velocidad psicomotora y flexibilidad mental).

H6: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la memoria de corto plazo, velocidad psicomotora, atención y flexibilidad mental y memoria de trabajo de la primera medición (pre-test) a la última medición (post-test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

El grupo experimental mejoró la flexibilidad mental.

H7: Existirán diferencias estadísticamente significativas en el IGF-I de la primera medición (pre-test) a la última medición (post-test) en el grupo experimental pero no en el grupo control.

El grupo experimental y el control mejoraron el IGF-I.

11. Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para futuras investigaciones en la temática estudiada aquí:

- a. Esta investigación se debe aplicar tanto en hombres adultos mayores como entre distintos grupos etarios y con personas de distintos niveles de actividad física para indagar el declive funcional a través del tiempo.
- b. Se recomienda incorporar diferentes modalidades de entrenamiento de fuerza (ligas, entrenamiento en suspensión, entrenamiento funcional, entre otros) para poder visualizar distintas formas de ejercicios físicos que permitan mejorar la funcionalidad física y cognitiva de este grupo etario.
- c. Combinar entrenamientos contra resistencia y de potencia muscular que permitan incrementar los efectos en la funcionalidad física y cognitiva de las personas adultas mayores.
- d. Fomentar un cambio de paradigma social con respecto al proceso de envejecimiento.
- e. Incorporar en próximos estudios a profesionales de otras áreas como médicos, epidemiólogos, psicólogos y neurofisiólogos, entre otros.

12. Limitaciones

Inicialmente se tuvo bastantes atrasos a efectos de cumplir con los protocolos establecidos en el área de la bioética, producto de las características del segmento etario con el que se trabajó, específicamente, las personas adultas mayores que son consideradas por ley como un grupo vulnerable.

Del mismo modo, el grupo seleccionado también generó, por su nivel socioeconómico y académico, algunos problemas para participar en la investigación, pues varias de las personas adultas mayores poseían distintas agendas personales que no coincidían con los horarios en los que se desarrolló la implementación de la tesis.

Asimismo, el costo económico de implementar el estudio fue muy alto, por lo que se tuvo que priorizar las pruebas que se les aplicaron a las participantes, así como los profesionales encargados de implementarlas.

La excesiva tramitología para poner en práctica este y estudios similares, amerita un análisis concienzudo acerca de los procedimientos y normativas para incentivar la producción de investigación en el campo del movimiento humano en poblaciones de personas adultas mayores.

13. Referencias

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 49-64. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x
- Abellan van Kan, G. (2009). Epidemiology and consequences of sarcopenia. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 13(8), 708-712. doi: 10.1007/s12603-009-0201-z
- Abellan van Kan, G., Cedarbaum, J., Cesari, M., Dahinden, P., Fariello, R., Fielding, R., . . . Laurent, D. (2011). Sarcopenia: biomarkers and imaging (International Conference on Sarcopenia research). *The journal of nutrition, health & aging*, 15(10), 834-846.
- Abellan van Kan, G., Cesari, M., Gillette-Guyonnet, S., Dupuy, C., Nourhashémi, F., Schott, A.-M., . . . Rolland, Y. (2013). Sarcopenia and cognitive impairment in elderly women: results from the EPIDOS cohort. *Age Ageing*, 42(2), 196-202. doi: 10.1093/ageing/afs173
- Adamo, M. L., & Farrar, R. P. (2006). Resistance training, and IGF involvement in the maintenance of muscle mass during the aging process. *Ageing research reviews*, 5(3), 310-331. doi: 10.1016/j.arr.2006.05.001
- Albert, S. M., Tabert, M. H., Dienstag, A., Pelton, G., & Devanand, D. (2002). The impact of mild cognitive impairment on functional abilities in the elderly. *Current psychiatry reports*, 4(1), 64-68. doi: 10.1007/s11920-002-0015-8
- Allen, J. S., Bruss, J., Brown, C. K., & Damasio, H. (2005). Normal neuroanatomical variation due to age: the major lobes and a parcellation of the temporal region. *Neurobiology of aging*, 26(9), 1245-1260. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2005.05.023
- American College of Sports Medicine. (2010). Chapter 4. Health-related Physical Fitness Testing and Interpretation. In W. Thompson, N. Gordon & L. Pescatello (Eds.), *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed., pp. 60-104). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2018a). Chapter 4: Health-Related Physical Fitness Testing and Interpretation. In D. Riebe, J. K. Ehrman, G. Liguori & M. Magal (Eds.), *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (10 th ed., pp. 66-110). New York: NY: Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2018b). Chapter 7: Exercise Prescription for Healthy Populations with Special Considerations. In D. Riebe, J. K. Ehrman, G. Liguori & M. Magal (Eds.), *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (10 th ed., pp. 180-208). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Arai, H., Akishita, M., & Chen, L. K. (2014). Growing research on sarcopenia in Asia. *Geriatr Gerontol Int*, 14(Suppl 1), 1-7. doi: 10.1111/ggi.12236
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clínica*. México DF: México: Editorial El Manual Moderno.
- Arnarson, A., Geirsdottir, O. G., Ramel, A., Jonsson, P., & Thorsdottir, I. (2015). Insulin-like growth factor-1 and resistance exercise in community dwelling old adults. *The journal of nutrition, health & aging*, 19(8), 856-860. doi: 10.1007/s12603-015-0547-3
- Assantachai, P., Muangpaisan, W., Intalapaporn, S., Sitthichai, K., & Udompunturak, S. (2014). Cut-off points of quadriceps strength, declines and relationships of sarcopenia-related variables among Thai community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 14(S1), 61-68. doi: 10.1111/ggi.12207
- Atherton, P. J., Babraj, J., Smith, K., Singh, J., Rennie, M. J., & Wackerhage, H. (2005). Selective activation of AMPK-PGC-1alpha or PKB-TSC2-mTOR signaling can explain specific adaptive responses to endurance or resistance training-like electrical muscle stimulation. *FASEB J*, 19(7), 786-788. doi: 10.1096/fj.04-2179fje
- Auyeung, T. W., Kwok, T., Lee, J., Leung, P. C., Leung, J., & Woo, J. (2008). Functional decline in cognitive impairment—the relationship between physical and cognitive function. *Neuroepidemiology*, 31(3), 167-173. doi: 10.1159/000154929

- Auyeung, T. W., Lee, S. W. J., Leung, J., Kwok, T., & Woo, J. (2014). Age-associated decline of muscle mass, grip strength and gait speed: A 4-year longitudinal study of 3018 community-dwelling older Chinese. *Geriatr Gerontol Int*, *14*(S1), 76-84. doi: 10.1111/ggi.12213
- Balagopal, P., Rooyackers, O. E., Adey, D. B., Ades, P. A., & Nair, K. S. (1997). Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy-chain and sarcoplasmic protein in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, *273*(4), E790-E800.
- Ball, K., Edwards, J. D., & Ross, L. A. (2007). The impact of speed of processing training on cognitive and everyday functions. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *62*(Special_Issue_1), 19-31. doi: https://doi.org/10.1093/geronb/62.special_issue_1.19
- Ballesteros, S., Mayas, J., Prieto, A., Toril, P., Pita, C., Laura, P. d. L., . . . Waterworth, J. A. (2015). A randomized controlled trial of brain training with non-action video games in older adults: results of the 3-month follow-up. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *7*, 45. doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00045>
- Ballesteros, S., Mayas, J., & Reales, J. M. (2013). Cognitive function in normal aging and in older adults with mild cognitive impairment. *Psicothema*, *25*(1), 18-24. doi: 10.7334/psicothema2012.181
- Ballesteros, S., Prieto, A., Mayas, J., Toril, P., Pita, C., Ponce de León, L., . . . Waterworth, J. (2014). Brain training with non-action video games enhances aspects of cognition in older adults: a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *6*, 277. doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00277>
- Bamidis, P., Vivas, A., Styliadis, C., Frantzidis, C., Klados, M., Schlee, W., . . . Papageorgiou, S. (2014). A review of physical and cognitive interventions in aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *44*, 206-220. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.03.019
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Cesari, M., Abellan van Kan, G., Vellas, B., & Aubertin-Leheudre, M. (2013). Clinical relevance of different muscle strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, *68*(7), 811-819. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/gls254>
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: a new muscle quality index. *The journal of nutrition, health & aging*, *16*(1), 67-77. doi: <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satiriano, W. A., & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(4), 459-465. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51153.x>
- Barns, M., Gondro, C., Tellam, R. L., Radley-Crabb, H. G., Grounds, M. D., & Shavlakadze, T. (2014). Molecular analyses provide insight into mechanisms underlying sarcopenia and myofibre denervation in old skeletal muscles of mice. *The international journal of biochemistry & cell biology*, *53*, 174-185. doi: 10.1016/j.biocel.2014.04.025
- Barry, B. K., Warman, G. E., & Carson, R. G. (2005). Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. *Experimental brain research*, *162*(1), 122-132. doi: 10.1007/s00221-004-2127-3
- Batsis, J., Mackenzie, T., Barre, L., Lopez-Jimenez, F., & Bartels, S. (2014). Sarcopenia, sarcopenic obesity and mortality in older adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *European journal of clinical nutrition*, *68*, 1001-1007. doi: 10.1038/ejcn.2014.117
- Bauer, J., & Sieber, C. (2008). Sarcopenia and frailty: a clinician's controversial point of view. *Experimental gerontology*, *43*(7), 674-678. doi: 10.1016/j.exger.2008.03.007
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2008a). Capítulo 2: Neuronas y glia *Neurociencia: La exploración del cerebro* (3era ed., pp. 23-49). Barcelona, España: Wolters Kluwer.

- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2008b). Capítulo 4. El potencial de acción. *Neurociencia: La exploración del cerebro* (3era ed., pp. 75-100.). Barcelona, España: Wolters Kluwer.
- Beas-Jiménez, J. d. D., López-Lluch, G., Sánchez-Martínez, I., Muro-Jiménez, A., Rodríguez-Bies, E., & Navas, P. (2011). Sarcopenia: implications of physical exercise in its pathophysiology, prevention and treatment. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 158-166.
- Beudart, C., Rizzoli, R., Bruyère, O., Reginster, J.-Y., & Biver, E. (2014). Sarcopenia: burden and challenges for public health. *Archives of Public Health*, 72(1), 45.
- Best, J. R., Chiu, B. K., Hsu, C. L., Nagamatsu, L. S., & Liu-Ambrose, T. (2015). Long-Term Effects of Resistance Exercise Training on Cognition and Brain Volume in Older Women: Results from a Randomized Controlled Trial. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21(10), 745-756. doi: 10.1017/S1355617715000673
- Beyer, N., Simonsen, L., Bülow, J., Lorenzen, T., Jensen, D. V., Larsen, L., . . . Kjær, M. (2007). Old women with a recent fall history show improved muscle strength and function sustained for six months after finishing training. *Aging clinical and experimental research*, 19(4), 300-309. doi: 10.1007/BF03324706
- Bherer, L. (2015). Cognitive plasticity in older adults: effects of cognitive training and physical exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 1-6. doi: 10.1111/nyas.12682
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013a). Physical Exercise and Brain Functions in Older Adults. *Journal of aging research*, 2013, 197326. doi: 10.1155/2013/197326
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013b). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of aging research*, 2013, 657508. doi: 10.1155/2013/657508
- Bickel, C. S., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2011). Exercise dosing to retain resistance training adaptations in young and older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1177-1187. doi: 10.1249/MSS.0b013e318207c15d
- Black, S. A., & Rush, R. D. (2002). Cognitive and functional decline in adults aged 75 and older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(12), 1978-1986. doi: 10.1046/j.1532-5415.2002.50609.x
- Bohannon, R. W. (2002). Quantitative testing of muscle strength: issues and practical options for the geriatric population. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 18(2), 1-17. doi: https://journals.lww.com/topicsingeriatricrehabilitation/Fulltext/2002/12000/Quantitative_Testing_of_Muscle_Strength_Issues.3.aspx#pdf-link
- Boirie, Y. (2009). Physiopathological mechanism of sarcopenia. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 13(8), 717-723. doi: 10.1007/s12603-009-0203-x
- Boirie, Y. (2013). Fighting sarcopenia in older frail subjects: protein fuel for strength, exercise for mass. *JAMDA*, 14(2), 140-143. doi: 10.1016/j.jamda.2012.10.017
- Bolandzadeh, N., Kording, K., Salowitz, N., Davis, J. C., Hsu, L., Chan, A., . . . Liu-Ambrose, T. (2015). Predicting Cognitive Function from Clinical Measures of Physical Function and Health Status in Older Adults. *PLoS One*, 10(3), e0119075. doi: 10.1371/journal.pone.0119075
- Borst, S. E. (2004). Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing*, 33(6), 548-555. doi: 10.1093/ageing/afh201
- Borst, S. E., De Hoyos, D. V., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B. H., Lowenthal, D. T., & Pollock, M. L. (2001). Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 648-653.
- Bottaro, M., Veloso, J., Wagner, D., & Gentil, P. (2011). Resistance training for strength and muscle thickness: effect of number of sets and muscle group trained. *Science & Sports*, 26(5), 259-264. doi: 10.1016/j.scispo.2010.09.009

- Boyle, P. A., Buchman, A. S., Wilson, R. S., Leurgans, S. E., & Bennett, D. A. (2009). Association of muscle strength with the risk of Alzheimer disease and the rate of cognitive decline in community-dwelling older persons. *Archives of neurology*, 66(11), 1339-1344. doi: 10.1001/archneurol.2009.240
- Boyle, P. A., Buchman, A. S., Wilson, R. S., Leurgans, S. E., & Bennett, D. A. (2010). Physical Frailty Is Associated with Incident Mild Cognitive Impairment in Community-Based Older Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(2), 248-255. doi: 10.1111/j.1532-5415.2009.02671.x
- Brooks, G., Fahey, T., & Baldwin, K. (2005a). Chapter 17. Skeletal muscle structure and contractile properties. *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (4th. ed., pp. 363-395). New York, NY: McGraw-Hill.
- Brooks, G., Fahey, T., & Baldwin, K. (2005b). Chapter 18. Neurons, motor unit recruitment, and integrative control of movement. *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (4th. ed., pp. 396-429.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Brooks, G., Fahey, T., & Baldwin, K. (2005c). Chapter 29. Ergogenic Aids. *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (4th ed ed., pp. 749-782). NY: McGraw-Hill.
- Brown, W. J., & McCarthy, M. S. (2015). Sarcopenia: What Every NP Needs to Know. *The Journal for Nurse Practitioners*, 11(8), 753-760. doi: 10.1016/j.nurpra.2015.05.017
- Brum, P. S., Forlenza, O. V., & Yassuda, M. S. (2009). Cognitive training in older adults with Mild Cognitive Impairment: Impact on cognitive and functional performance. *Dementia & Neuropsychologia*, 3(2), 124-131.
- Bryant, C. X., & Green, D. J. (2010). Functional Ability Tests. In C. X. Bryant & D. J. Green (Eds.), *Exercise for Older Adults* (2nd ed., pp. 248-265). San Diego, CA: American Council on Exercise.
- Budui, S. L., Rossi, A. P., & Zamboni, M. (2015). The pathogenetic bases of sarcopenia. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 12(1), 22-26. doi: 10.11138/ccmbm/2015.12.1.022
- Buracchio, T., Dodge, H. H., Howieson, D., Wasserman, D., & Kaye, J. (2010). The trajectory of gait speed preceding mild cognitive impairment. *Archives of neurology*, 67(8), 980-986. doi: 10.1001/archneurol.2010.159
- Burke, S. N., & Barnes, C. A. (2006). Neural plasticity in the ageing brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(1), 30-40. doi: 10.1038/nrn1809
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, 17(3), 1394-1402. doi: 10.1006/nimg.2002.1280
- Cadore, E. L., Izquierdo, M., Pinto, S. S., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Baroni, B. M., . . . González-Izal, M. (2013). Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age*, 35(3), 891-903. doi: <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9405-y>
- Calderón-Montero, F., & Legido-Arce, J. (2006). Capítulo 2. Fisiología de la neurona: el origen de la información *Neurofisiología aplicada al deporte* (pp. 19-32). Armenia, Colombia: Editorial Kinesis.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research. *Handbook of research on teaching*, 171-246.
- Cancela-Carral, J., & Ayán-Pérez, C. (2007). Effects of high-intensity combined training on women over 65. *Gerontology*, 53(6), 340-346. doi: <https://doi.org/10.1159/000104098>
- Carvalho, M., Marques, E., & Mota, J. (2009). Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology*, 55(1), 41-48. doi: <https://doi.org/10.1159/000140681>
- Caserotti, P., Aagaard, P., Buttrup Larsen, J., & Puggaard, L. (2008). Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power.

- Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(6), 773-782. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00732.x
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1401-1407. doi: 10.1249/mss.0b013e318060111f
- Cavanaugh, J., & Blanchard-Fields, F. (2011). Chapter 2: Neuroscience as a Basis for Adult Development and Aging *Adult Development and Aging* (6th ed., pp. 38-64). Belmont, CA: Cengage Learning.
- CD Creative Diagnostics®. (2015). IGF1 Human ELISA Kit. Ramsey Road Shirley: NY: Creative Diagnostics.
- Cederholm, T. E., Bauer, J. M., Boirie, Y., Schneider, S. M., Sieber, C. C., & Rolland, Y. (2011). Toward a definition of sarcopenia. *Clinics in geriatric medicine*, 27(3), 341-353. doi: 10.1152/jappphysiol.90332.2008
- Clark, B. C. (2019). Neuromuscular Changes with Aging and Sarcopenia. *J Frailty Aging*, 8(1), 7-9. doi: 10.14283/jfa.2018.35
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia≠ dynapenia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(8), 829-834.
- Clifford, A., Bandelow, S., & Hogervorst, E. (2009). The effects of physical exercise on cognitive function in the elderly: A review. In Q. Gariépy & R. Ménard (Eds.), *Handbook of cognitive aging: Causes, processes and mechanisms* (pp. 109-150): Nova Science Publishers.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., . . . Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(11), 1166-1170.
- Colcombe, S. J., & Kramer, A. F. (2003). Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta-Analytic Study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130. doi: 10.1111/1467-9280.t01-1-01430
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., . . . Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3316-3321. doi: 10.1073/pnas.0400266101
- Connelly, D. M. (2008). Chapter 7. A Functional Approach to Exercise. In A. W. Taylor & M. J. Johnson (Eds.), *Physiology of Exercise and Healthy Aging* (pp. 115-144). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 34(2), 891.
- Costa, P. B., & McManus, R. T. (2017). Chapter 17. Senior Programs. In L. E. Brown (Ed.), *Strength Training* (pp. 357-367). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in neurosciences*, 25(6), 295-301.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L.-A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in neurosciences*, 30(9), 464-472. doi: 10.1016/j.tins.2007.06.011
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., . . . Schneider, S. M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, 39(4), 412-423. doi: 10.1093/ageing/afq034
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., & Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J Am Geriatr Soc*, 65(4), 827-832. doi: 10.1111/jgs.14722

- Chodzko-Zajko, W., Proctor, D., Fiatarone, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G., & Skinner, J. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults: ACSM Position Stand. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(7), 1510-1530. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
- Choi, K. M. (2013). Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. *Endocrinol Metab (Seoul)*, *28*(2), 86-89. doi: 10.3803/EnM.2013.28.2.86
- Christmas, C., & Andersen, R. A. (2000). Exercise and older patients: guidelines for the clinician. *Journal of the American Geriatrics Society*, *48*(3), 318-324. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2000.tb02654.x>
- Davis, J. C., Bryan, S., Best, J. R., Li, L. C., Hsu, C. L., Gomez, C., . . . Liu-Ambrose, T. (2015). Mobility predicts change in older adults' health-related quality of life: evidence from a Vancouver falls prevention prospective cohort study. *Health and quality of life outcomes*, *13*(1), 101. doi: 10.1186/s12955-015-0299-0
- Davis, J. C., Bryan, S., Li, L. C., Best, J. R., Hsu, C. L., Gomez, C., . . . Liu-Ambrose, T. (2015). Mobility and cognition are associated with wellbeing and health related quality of life among older adults: a cross-sectional analysis of the Vancouver Falls Prevention Cohort. *BMC geriatrics*, *15*(1), 75. doi: 10.1186/s12877-015-0076-2
- Davis, J. C., Bryan, S., Marra, C. A., Sharma, D., Chan, A., Beattie, B. L., . . . Liu-Ambrose, T. (2013). An economic evaluation of resistance training and aerobic training versus balance and toning exercises in older adults with mild cognitive impairment. *PLoS One*, *8*(5), e63031. doi: 10.1371/journal.pone.0063031
- de Souto Barreto, P., Morley, J. E., Chodzko-Zajko, W., Pitkala, K. H., Weening-Dijksterhuis, E., Rodriguez-Mañas, L., . . . Landi, F. (2016). Recommendations on physical activity and exercise for older adults living in long-term care facilities: A taskforce report. *Journal of the American Medical Directors Association*, *17*(5), 381-392. doi: 10.1016/j.jamda.2016.01.021
- Delmonico, M. J., Harris, T. B., Visser, M., Park, S. W., Conroy, M. B., Velasquez-Mieyer, P., . . . and for the Health Aging and Body Composition Study. (2009). Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *The American journal of clinical nutrition*, *90*(6), 1579-1585. doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28047>
- Deschenes, M. R., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (1994). The Neuromuscular Junction: Structure, Function, and its Role in the Excitation of Muscle. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *8*(2), 103-109. doi: 10.1519/00124278-199405000-00008
- Ding, Q., Vaynman, S., Akhavan, M., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2006). Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. *Neuroscience*, *140*(3), 823-833.
- Dobek, J. C., White, K. N., & Gunter, K. B. (2007). The effect of a novel ADL-based training program on performance of activities of daily living and physical fitness. *Journal of Aging & Physical Activity*, *15*(1), 13-25.
- Edström, E., Altun, M., Bergman, E., Johnson, H., Kullberg, S., Ramírez-León, V., & Ulfhake, B. (2007). Factors contributing to neuromuscular impairment and sarcopenia during aging. *Physiology & Behavior*, *92*(1), 129-135. doi: doi:10.1016/j.physbeh.2007.05.040
- Eggenberger, P., Schumacher, V., Angst, M., Theill, N., & de Bruin, E. D. (2015). Does multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training boost cognitive performance in older adults? A 6-month randomized controlled trial with a 1-year follow-up. *Clinical interventions in aging*, *10*, 1335-1349. doi: 10.2147/CIA.S87732
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders Imaging in clinical neuroscience. *British medical bulletin*, *65*(1), 49-59. doi: 10.1093/bmb/65.1.49
- Erickson, K. I., Gildengers, A. G., & Butters, M. A. (2013). Physical activity and brain plasticity in late adulthood. *Dialogues in clinical neuroscience*, *15*(1), 99-108.
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *4*, 27-32. doi: 10.1016/j.cobeha.2015.01.005

- Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British journal of sports medicine*, 43(1), 22-24. doi: 10.1136/bjism.2008.052498
- Erickson, K. I., Oberlin, L., Gujral, S., Leckie, R. L., Weinstein, A. M., Hodzic, J. C., . . . Wollam, M. E. (2014). Exercise as a Way of Capitalizing on Neuroplasticity in Late Adulthood. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 30(1), 8-14. doi: 10.1097/TGR.0000000000000008
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Heo, S., McLaren, M., . . . Woods, J. A. (2010). Brain-derived neurotrophic factor is associated with age-related decline in hippocampal volume. *The Journal of Neuroscience*, 30(15), 5368-5375. doi: 10.1523/JNEUROSCI.6251-09.2010
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., . . . White, S. M. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017-3022. doi: 10.1073/pnas.1015950108
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A.-M., Nordborg, C., Peterson, D. A., & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, 4(11), 1313-1317. doi: 10.1038/3305
- Etnier, J., & Landers, D. (1997). The influence of age and fitness on performance and learning. *Journal of aging and physical activity*, 5(3), 175-189.
- Etnier, J., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain research reviews*, 52(1), 119-130. doi: 10.1016/j.brainresrev.2006.01.002
- Evans, W. J. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(1), 12-17. doi: 10.1097/00005768-199901000-00004
- Falck, R. S., Davis, J. C., Best, J. R., Crockett, R. A., & Liu-Ambrose, T. (2019). Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiol Aging*, 79, 119-130. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.03.007
- Fallah, N., Hsu, C. L., Bolandzadeh, N., Davis, J., Beattie, B. L., Graf, P., & Liu-Ambrose, T. (2013). A multistate model of cognitive dynamics in relation to resistance training: the contribution of baseline function. *Annals of epidemiology*, 23(8), 463-468. doi: 10.1016/j.annepidem.2013.05.008
- Faulkner, J. A., Larkin, L. M., Claflin, D. R., & Brooks, S. V. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 34(11), 1091-1096. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x
- Fernandez, A., & Goldberg, E. (2009). *The Sharpbrain's guide to brain fitness*. San Francisco, CA: Sharpbrains.
- Fernández, X., & Robles, A. (2008). I Informe estado de la situación de la persona adulta mayor en Costa Rica Retrieved from <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/costarica-iinforme-01.pdf>
- Ferrucci, L., Penninx, B. W., Volpato, S., Harris, T. B., Bandeen-Roche, K., Balfour, J., . . . Guralnik, J. M. (2002). Change in Muscle Strength Explains Accelerated Decline of Physical Function in Older Women With High Interleukin-6 Serum Levels. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(12), 1947-1954. doi: 10.1046/j.1532-5415.2002.50605.x
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. *Journal of the American Medical Association*, 263(22), 3029-3034. doi: 10.1001/jama.1990.03440220053029
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014a). Chapter 6. Resistance Training Systems and Techniques *Designing Resistance Training Programs*. (4 th. ed., pp. 215-255). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014b). Chapter 11. Resistance Training for Seniors. *Designing Resistance Training Programs*. (4 th. ed., pp. 371-401). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Fowles, J. R., Sale, D. G., & MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 1179-1188. doi: 10.1152/jappl.2000.89.3.1179
- Fox, S. I. (2011a). Chapter 1. The Study of the Body Function. *Human Physiology* (12 th ed., pp. 1-23). New York: McGraw-Hill.
- Fox, S. I. (2011b). Chapter 12. Muscle: Mechanisms of Contraction and Neural Control. *Human Physiology* (12th ed., pp. 355-399). New York: McGraw-Hill.
- Fragala, M. S., Fukuda, D. H., Stout, J. R., Townsend, J. R., Emerson, N. S., Boone, C. H., . . . Hoffman, J. R. (2014). Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Experimental gerontology*, 53, 1-6. doi: 10.1016/j.exger.2014.01.027
- Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle quality in aging: a multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. *Sports Medicine*, 45(5), 641-658.
- Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S., & Winblad, B. (2004). An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*, 3(6), 343-353. doi: 10.1016/S1474-4422(04)00767-7
- Frick, K. M., & Fernandez, S. M. (2003). Enrichment enhances spatial memory and increases synaptophysin levels in aged female mice. *Neurobiology of aging*, 24(4), 615-626. doi: 10.1016/S0197-4580(02)00138-0
- Frimel, T. N., Sinacore, D. R., & Villareal, D. T. (2008). Exercise attenuates the weight-loss-induced reduction in muscle mass in frail obese older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(7), 1213-1219. doi: 10.1249/MSS.0b013e31816a85ce
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'reilly, K., Knuttgen, H., & Evans, W. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*, 64(3), 1038-1044.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679. doi: 10.2165/00007256-200434100-00004
- Fuchs, E., & Flügge, G. (2014). Adult neuroplasticity: more than 40 years of research. *Neural plasticity*, 2014, 541870. doi: 10.1155/2014/541870
- Fujita, E., Taaffe, D. R., Yoshitake, Y., & Kanehisa, H. (2019). Repeated sit-to-stand exercise enhances muscle strength and reduces lower body muscular demands in physically frail elders. *Experimental gerontology*, 116, 86-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.12.016>
- Gallagher, D., Ruts, E., Visser, M., Heshka, S., Baumgartner, R. N., Wang, J., . . . Heymsfield, S. B. (2000). Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 279(2), E366-E375.
- Gligoroska, J. P., & Manchevska, S. (2012). The Effect of Physical Activity on Cognition–Physiological Mechanisms. *Materia Socio Medica*, 24(3), 198-202. doi: 10.5455/msm.2012.24.198-202
- Goldspink, G., & Harridge, S. D. (2004). Growth factors and muscle ageing. *Experimental gerontology*, 39(10), 1433-1438. doi: 10.1016/j.exger.2004.08.010
- Gomes-Osman, J., Cabral, D. F., Morris, T. P., McInerney, K., Cahalin, L. P., Rundek, T., . . . Pascual-Leone, A. (2018). Exercise for cognitive brain health in aging: A systematic review for an evaluation of dose. *Neurol Clin Pract*, 8(3), 257-265. doi: 10.1212/cpj.0000000000000460
- Goodpaster, B. H., Chomentowski, P., Ward, B. K., Rossi, A., Glynn, N. W., Delmonico, M. J., . . . Newman, A. B. (2008). Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 105(5), 1498-1503. doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90425.2008>
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., . . . Newman, A. B. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *The Journals of Gerontology Series A: Health, Aging and Body Composition*, 61(10), 1059-1066. doi: 10.1093/geronb/61.10.1059

- Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1059-1064. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>
- Gouveia, É. R., Maia, J. A., Beunen, G. P., Blimkie, C. J., Fena, E. M., & Freitas, D. L. (2013). Functional fitness and physical activity of Portuguese community-residing older adults. *Journal of Aging & Physical Activity*, 21(1), 1-9.
- Grady, C. (2008). Cognitive neuroscience of aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 127-144. doi: 10.1196/annals.1440.009
- Grady, C. (2012). The cognitive neuroscience of ageing. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(7), 491-505. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn3256>
- Granacher, U., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2009). Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *International journal of sports medicine*, 30(09), 652-657. doi: 10.1055/s-0029-1224178
- Greenwood, P. (2007). Functional plasticity in cognitive aging: review and hypothesis. *Neuropsychology*, 21(6), 657-673. doi: 10.1037/0894-4105.21.6.657
- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2010). Neuronal and cognitive plasticity: a neurocognitive framework for ameliorating cognitive aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2, 150. doi: 10.3389/fnagi.2010.00150
- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2012a). Chapter 1: Global Aging and Cognitive Functioning *Nurturing the older brain and mind* (pp. 1-8). Cambridge: MIT Press.
- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2012b). Chapter 2: Cognitive Aging: Neither Universal nor Inevitable *Nurturing the older brain and mind* (pp. 9-18). Cambridge: MIT Press.
- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2012c). Chapter 3: Brain Aging and Cognitive Aging *Nurturing the older brain and mind* (pp. 19-48). Cambridge: MIT Press.
- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2012d). Chapter 4: Ameliorating Cognitive Aging *Nurturing the older brain and mind* (pp. 63). Cambridge: MIT Press.
- Gregory, S. M., Parker, B., & Thompson, P. D. (2012). Physical Activity, Cognitive Function, and Brain Health: What Is the Role of Exercise Training in the Prevention of Dementia? *Brain Sciences*, 2, 684-708. doi: 10.3390/brainsci2040684
- Gregory, S. M., Spiering, B. A., Alemany, J. A., Tuckow, A. P., Rarick, K. R., Staab, J. S., . . . Nindl, B. C. (2013). Exercise-induced insulin-like growth factor I system concentrations after training in women. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(3), 420-428. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182750bd4
- Grounds, M. D. (2002). Reasons for the degeneration of ageing skeletal muscle: a central role for IGF-1 signalling. *Biogerontology*, 3(1-2), 19-24. doi: 10.1023/A:1015234709314
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., . . . Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), M221-M231. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/55.4.M221>
- Hameed, M., Harridge, S., & Goldspink, G. (2002). Sarcopenia and hypertrophy: a role for insulin-like growth factor-1 in aged muscle? *Exercise and sport sciences reviews*, 30(1), 15-19.
- Hameed, M., Lange, K., Andersen, J., Schjerling, P., Kjaer, M., Harridge, S., & Goldspink, G. (2004). The effect of recombinant human growth hormone and resistance training on IGF-I mRNA expression in the muscles of elderly men. *The Journal of physiology*, 555(1), 231-240. doi: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.051722>
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14), 953-964. doi: 10.2165/00007256-200131140-00001
- Hasten, D. L., Pak-Loduca, J., Obert, K. A., & Yarasheski, K. E. (2000). Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds.

- American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 278(4), E620-E626. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.278.4.E620>
- Hausdorff, J. M., Yogev, G., Springer, S., Simon, E. S., & Giladi, N. (2005). Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Experimental brain research*, 164(4), 541-548. doi: <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2280-3>
- Hawke, T. J. (2005). Muscle stem cells and exercise training. *Exercise and sport sciences reviews*, 33(2), 63-68.
- Hayes, V., Morris, J., Wolfe, C., & Morgan, M. (1995). The SF-36 health survey questionnaire: is it suitable for use with older adults? *Age Ageing*, 24(2), 120-125. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/24.2.120>
- Hedden, T., & Gabrieli, J. D. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(2), 87-96. doi: 10.1038/nrn1323
- Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S., & Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced? *Psychological Science in the Public Interest*, 9(1), 1-65. doi: 10.1111/j.1539-6053.2009.01034.x
- Hess, J. A., & Woollacott, M. (2005). Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 28(8), 582-590. doi: 10.1016/j.jmpt.2005.08.013
- Hess, N. C. L., Dieberg, G., McFarlane, J. R., & Smart, N. A. (2014). The effect of exercise intervention on cognitive performance in persons at risk of, or with, dementia: A systematic review and meta-analysis. *Healthy Aging Research*, 3(3), 1-10. doi: 10.12715/har.2014.3.3
- Heyn, P. C., Abreu, B. C., & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(10), 1694-1704. doi: 10.1016/j.apmr.2004.03.019
- Heyn, P. C., Johnsons, K., & Kramer, A. (2008). Endurance and strength training outcomes on cognitively impaired and cognitively intact older adults: a meta-analysis. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 12(6), 401-409.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. doi: 10.1038/nrn2298
- Hillman, C. H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M., & Hatfield, B. D. (2002). The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, 39(3), 303-312. doi: 10.1017/S0048577201393058
- Hof, P. R., & Morrison, J. H. (2004). The aging brain: morphomolecular senescence of cortical circuits. *Trends in neurosciences*, 27(10), 607-613. doi: 10.1016/j.tins.2004.07.013
- Holtmaat, A., & Svoboda, K. (2009). Experience-dependent structural synaptic plasticity in the mammalian brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(9), 647-658. doi: 10.1038/nrn2699
- Holtzer, R., Verghese, J., Xue, X., & Lipton, R. B. (2006). Cognitive Processes Related to Gait Velocity: Results From the Einstein Aging Study. *Neuropsychology*, 20(2), 215-223. doi: 10.1037/0894-4105.20.2.215
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243-2257. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.04.005
- Hughes, T. F., Chang, C.-C. H., Vander Bilt, J., Snitz, B. E., & Ganguli, M. (2012). Mild Cognitive Deficits and Everyday Functioning Among Older Adults in the Community: The Monongahela-Youghiogheny Healthy Aging Team Study. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 20(10), 836-844. doi: 10.1097/JGP.0b013e3182423961
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Medicine*, 34(5), 329-348. doi: 10.2165/00007256-200434050-00005

- Hunter, G. R., Treuth, M. S., Weinsier, R. L., Kekes-Szabo, T., Kell, S. H., Roth, D. L., & Nicholson, C. (1995). The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *Journal of the American Geriatrics Society*, *43*(7), 756-760. doi: 10.1111/j.1532-5415.1995.tb07045.x
- Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2000). Strength training in the elderly. *Sports Medicine*, *30*(4), 249-268.
- Jackson, M. J., McArdle, A., Vasilaki, A., & Kayani, A. (2012). Workshop report: Can an understanding of the mechanisms underlying age-related loss of muscle mass and function guide exercise and other intervention strategies? *Longevity & healthspan*, *1*(1), 5.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, *50*(5), 889-896. doi: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, *89*(1), 81-88. doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
- Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(1), 80-85. doi: 10.1111/j.1532-5415.2004.52014.x
- Jedrzejewski, M. K., Lee, V. M.-Y., & Trojanowski, J. Q. (2007). Physical activity and cognitive health. *Alzheimer's & Dementia*, *3*, 98–108. doi: 10.1016/j.jalz.2007.01.009
- Jernigan, T. L., Archibald, S. L., Fennema-Notestine, C., Gamst, A. C., Stout, J. C., Bonner, J., & Hesselink, J. R. (2001). Effects of age on tissues and regions of the cerebrum and cerebellum. *Neurobiology of aging*, *22*(4), 581-594.
- Jia, R. X., Liang, J. H., Xu, Y., & Wang, Y. Q. (2019). Effects of physical activity and exercise on the cognitive function of patients with Alzheimer disease: a meta-analysis. *BMC Geriatr*, *19*(1), 181. doi: 10.1186/s12877-019-1175-2
- Jiménez-Maldonado, A., Rentería, I., García-Suárez, P. C., Moncada-Jiménez, J., & Freire-Royes, L. F. (2018). The Impact of High-Intensity Interval Training on Brain Derived Neurotrophic Factor: A mini-review. *Frontiers in Neuroscience*, *12*, 839. doi: 10.3389/fnins.2018.00839
- Johansen, K. L., Stistrup, R. D., Madsen, J., Schjøtt, C. S., & Vinther, A. (2015). The timed up and go test and 30 second chair-stand test are reliable for hospitalized patients with stroke. *Physiotherapy*, *101*(1), e918. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.03.1760>
- Johnson, M. J., & Vandervoort, A. A. (2008). Chapter 3: Nervous System. In A. W. Taylor & M. J. Johnson (Eds.), *Physiology of Exercise and Healthy Aging* (pp. 45-58). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Johnston, A. P. W., De Lisio, M., & Parise, G. (2008). Resistance training, sarcopenia, and the mitochondrial theory of aging. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *33*(1), 191-199. doi: 10.1139/H07-141
- Johnston, R. B., Howard, M. E., Cawley, P. W., & Losse, G. M. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine and science in sports and exercise*, *30*(12), 1703-1707. doi: 10.1097/00005768-199812000-00008
- Jones, C. J., Rutledge, D. N., & Aquino, J. (2010). Predictors of physical performance and functional ability in people 50+ with and without fibromyalgia. *Journal of Aging & Physical Activity*, *18*(3), 353-368.
- Jones, T. E., Stephenson, K. W., King, J. G., Knight, K. R., Marshall, T. L., & Scott, W. B. (2009). Sarcopenia - mechanisms and treatments. *Journal of geriatric physical therapy*, *32*(2), 39-45.
- Kadi, F., Charifi, N., Denis, C., & Lexell, J. (2004). Satellite cells and myonuclei in young and elderly women and men. *Muscle & nerve*, *29*(1), 120-127.
- Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and aging. *Nutrition reviews*, *61*(5), 157-167. doi: 10.131/nr.2003.may.157-167

- Kaya, R. D., Nakazawa, M., Hoffman, R. L., & Clark, B. C. (2013). Interrelationship between muscle strength, motor units, and aging. *Experimental gerontology*, 48(9), 920-925. doi: 10.1016/j.exger.2013.06.008
- Keller, K., & Engelhardt, M. (2013). Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 3(4), 346.
- Kiernan, J. A. (2009a). Capítulo 1: Desarrollo, composición y evolución del sistema nervioso *El sistema nervioso humano: una perspectiva anatómica* (9na ed., pp. 3-11). Barcelona, España: Wolters Kluwer.
- Kiernan, J. A. (2009b). Capítulo 2: Células del Sistema Nervioso Central *El sistema nervioso humano: una perspectiva anatómica* (9na ed., pp. 13-34). Barcelona, España: Wolters Kluwer.
- Kim, J., Heshka, S., Gallagher, D., Kotler, D. P., Mayer, L., Albu, J., . . . Heymsfield, S. B. (2004). Intermuscular adipose tissue-free skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in adults. *J Appl Physiol* (1985), 97(2), 655-660. doi: 10.1152/jappphysiol.00260.2004
- Kim, J., Wang, Z., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Gallagher, D. (2002). Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *The American journal of clinical nutrition*, 76(2), 378-383.
- Kim, K. S., Park, K. S., Kim, M. J., Kim, S. K., Cho, Y. W., & Park, S. W. (2014). Type 2 diabetes is associated with low muscle mass in older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 14(S1), 115-121. doi: doi: 10.1111/ggi.12189
- Kostek, M. C., Delmonico, M. J., Reichel, J. B., Roth, S. M., Douglass, L., Ferrell, R. E., & Hurley, B. F. (2005). Muscle strength response to strength training is influenced by insulin-like growth factor 1 genotype in older adults. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 2147-2154.
- Kraemer, W. J. (2017). Chapter 2. How Muscle Grows. In L. E. Brown (Ed.), *Strength Training* (2nd ed., pp. 29-48). Champaign, Il: Human Kinetics.
- Kraemer, W. J., Fragala, M. S., & Volek, J. S. (2017). Chapter 4. Nutrition for Muscle Growth. In L. E. Brown (Ed.), *Strength Training* (2nd ed., pp. 75-94). Champaign, Il: Human Kinetics.
- Kraemer, W. J., Vingren, J. L., & Spiering, B. A. (2018). Capítulo 4. Respuestas endocrinas al ejercicio resistido. In G. G. Haff & N. T. Triplett (Eds.), *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico* (pp. 65-86). Badalona, España: Ed. Paidotribo.
- Kramer, A. F., Erickson, K. I., & Colcombe, S. J. (2006). Exercise, cognition, and the aging brain. *Journal of Applied Physiology*, 101(4), 1237-1242. doi: 10.1152/jappphysiol.00500.2006
- Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 1150-1159. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d4d436
- Lachman, M. E., Neupert, S. D., Bertrand, R., & Jette, A. M. (2006). The effects of strength training on memory in older adults. *Journal of aging and physical activity*, 14(1), 59-73.
- Landrigan, J. F., Bell, T., Crowe, M., Clay, O. J., & Mirman, D. (2019). Lifting cognition: a meta-analysis of effects of resistance exercise on cognition. *Psychol Res*. doi: 10.1007/s00426-019-01145-x
- Lang, I. A., Guralnik, J. M., & Melzer, D. (2007). Physical Activity in Middle-Aged Adults Reduces Risks of Functional Impairment Independent of Its Effect on Weight. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(11), 1836-1841. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01426.x
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D. R., & Harris, T. B. (2010). Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporosis international*, 21(4), 543-559. doi: 10.1007/s00198-009-1059-y
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P., & Kukull, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of internal medicine*, 144(2), 73-81. doi: 10.7326/0003-4819-144-2-200601170-00004

- Latham, N. K., Bennett, D. A., Stretton, C. M., & Anderson, C. S. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(1), M48-M61.
- Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K., & Rockwood, K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of neurology*, 58(3), 498-504. doi: 10.1001/archneur.58.3.498
- Lee, S.-J., Huynh, T. V., Lee, Y.-S., Sebald, S. M., Wilcox-Adelman, S. A., Iwamori, N., . . . Fan, C.-M. (2012). Role of satellite cells versus myofibers in muscle hypertrophy induced by inhibition of the myostatin/activin signaling pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(35), E2353-E2360. doi: doi:10.1073/pnas.1206410109/-DCSupplemental.
- Leenders, N. Y. (2009). Chapter 7. The Elderly. In J. K. Ehrman, P. M. Gordon, P. S. Visich & S. J. Keteyian (Eds.), *Clinical Exercise Physiology* (2nd ed., pp. 135-147). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment* (4th ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- Lipnicki, D. M., Crawford, J. D., Dutta, R., Thalamuthu, A., Kochan, N. A., Andrews, G., . . . Sachdev, P. S. (2017). Age-related cognitive decline and associations with sex, education and apolipoprotein E genotype across ethnocultural groups and geographic regions: a collaborative cohort study. *PLoS Med*, 14(3), e1002261. doi: 10.1371/journal.pmed.1002261
- Liu-Ambrose, T., & Donaldson, M. G. (2009). Exercise and cognition in older adults: is there a role for resistance training programmes? *British journal of sports medicine*, 43(1), 25-27. doi: 10.1136/bjism.2008.055616
- Liu-Ambrose, T., Donaldson, M. G., Ahamed, Y., Graf, P., Cook, W. L., Close, J., . . . Khan, K. M. (2008). Otago Home-Based Strength and Balance Retraining Improves Executive Functioning in Older Fallers: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(10), 1821-1830. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01931.x
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, 170(2), 170-178. doi: 10.1001/archinternmed.2009.494
- Liu, C. K., Leng, X., Hsu, F. C., Kritchevsky, S. B., Ding, J., Earnest, C. P., . . . Fielding, R. A. (2014). The Impact of Sarcopenia on a Physical Activity Intervention: The Lifestyle Interventions and Independence for Elders Pilot Study (LIFE-P). *The journal of nutrition, health & aging*, 18(1), 59-64. doi: 10.1007/s12603-013-0369-0
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: a review and future directions. *Neuropsychology review*, 19(4), 504-522. doi: 10.1007/s11065-009-9119-9
- Lynch, N., Metter, E., Lindle, R., Fozard, J., Tobin, J., Roy, T., . . . Hurley, B. (1999). Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 188-194.
- Lloyd, R. S., & Faigenbaum, A. D. (2018). Capítulo 7. Diferencias por edad y sexo, y sus implicaciones para el ejercicio resistido. In G. G. Haff & N. T. Triplett (Eds.), *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. (pp. 135-154). Badalona, España: Ed. Paidotribo.
- Macaluso, A., & De Vito, G. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European journal of applied physiology*, 91(4), 450-472. doi: 10.1007/s00421-003-0991-3
- MacIntosh, B. R., Gardiner, P. F., & McComas, A. J. (2006). *Skeletal muscle: form and function*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mahncke, H. W., Bronstone, A., & Merzenich, M. M. (2006). Brain plasticity and functional losses in the aged: scientific bases for a novel intervention. *Progress in brain research*, 157, 81-109. doi: 10.1016/S0079-6123(06)57006-2

- Makizako, H., Shimada, H., Doi, T., Park, H., Yoshida, D., Uemura, K., . . . Suzuki, T. (2013). Poor balance and lower gray matter volume predict falls in older adults with mild cognitive impairment. *BMC neurology*, *13*(1), 1-8.
- Mansor, N. S., Chow, C. M., & Halaki, M. (2019). Cognitive effects of video games in older adults and their moderators: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Aging Ment Health*, 1-16. doi: 10.1080/13607863.2019.1574710
- Marcus, R., Addison, O., Kidde, J., Dibble, L., & Lastayo, P. (2010). Skeletal muscle fat infiltration: impact of age, inactivity, and exercise. *The journal of nutrition, health & aging*, *14*(5), 362-366. doi: <https://doi.org/10.1007/s12603-010-0081-2>
- Marsh, A. P., Miller, M. E., Rejeski, W. J., Hutton, S. L., & Kritchevsky, S. B. (2009). Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *Journal of aging and physical activity*, *17*(4), 416-443.
- Martel, G. F., Roth, S. M., Ivey, F. M., Lemmer, J. T., Tracy, B. L., Hurlbut, D. E., . . . Rogers, M. A. (2006). Age and sex affect human muscle fibre adaptations to heavy-resistance strength training. *Experimental physiology*, *91*(2), 457-464. doi: <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2005.032771>
- Marzetti, E., & Leeuwenburgh, C. (2006). Skeletal muscle apoptosis, sarcopenia and frailty at old age. *Experimental gerontology*, *41*(12), 1234-1238. doi: 10.1016/j.exger.2006.08.011
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S., & Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Deutsches Ärzteblatt International*, *108*(21), 359-364. doi: 10.3238/arztebl.2011.0359
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015a). Chapter 18. Skeletal Muscle: Structure and Function. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (8th ed., pp. 355-381.). Baltimore, MD: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015b). Chapter 19. Neural Control of Human Movement. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (8th ed., pp. 383-405.). Baltimore, MD: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015c). Chapter 20. The Endocrine System: Organization and Acute and Chronic Response to Physical Activity. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (8th ed., pp. 407-453). Baltimore, MD: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015d). Chapter 22. Muscular Strength: Training Muscles to Become Stronger *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (8th ed., pp. 499-541). Baltimore, MD: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015e). Chapter 31. Physical Activity, Health, and Aging *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (8th ed., pp. 839-875). Baltimore, MD: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health.
- McCarthy, J. J., Mula, J., Miyazaki, M., Erfani, R., Garrison, K., Farooqui, A. B., . . . Keller, C. (2011). Effective fiber hypertrophy in satellite cell-depleted skeletal muscle. *Development*, *138*(17), 3657-3666. doi: 10.1242/dev.068858
- McNeil, C. J., Doherty, T. J., Stashuk, D. W., & Rice, C. L. (2005). Motor unit number estimates in the tibialis anterior muscle of young, old, and very old men. *Muscle & nerve*, *31*(4), 461-467. doi: 10.1002/mus.20276
- Mero, A., Hulmi, J., Salmijärvi, H., Katajavuori, M., Haverinen, M., Holviala, J., . . . Ahtiainen, J. (2013). Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. *European journal of applied physiology*, *113*(3), 641-650. doi: 10.1007/s00421-012-2466-x
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical interventions in aging*, *8*, 549-556. doi: 10.2147/CIA.S44112

- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in physiology*, 3. doi: 10.3389/fphys.2012.00260
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734
- Moreau, D., & Conway, A. R. (2013). Cognitive enhancement: a comparative review of computerized and athletic training programs. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 155-183. doi: <https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.758763>
- Morgan, J. E., & Partridge, T. A. (2003). Muscle satellite cells. *Int J Biochem Cell Biol*, 35(8), 1151-1156.
- Morley, J. E. (2009). Developing novel therapeutic approaches to frailty. *Current pharmaceutical design*, 15(29), 3384-3395.
- Morley, J. E., Abbatecola, A. M., Argiles, J. M., Baracos, V., Bauer, J., Bhasin, S., . . . Evans, W. J. (2011). Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(6), 403-409. doi: 10.1016/j.jamda.2011.04.014
- Muscaritoli, M., Lucia, S., & Molino, A. (2013). Sarcopenia in critically ill patients: the new pandemic. *Minerva anesthesiologica*, 79(7), 771-777.
- Narici, M. V., & Maffulli, N. (2010). Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *British medical bulletin*, 95(1), 139-159. doi: 10.1093/bmb/ldq008
- Narici, M. V., Reeves, N. D., Morse, C. I., & Maganaris, C. N. (2004). Muscular adaptations to resistance exercise in the elderly. *Journal of musculoskeletal and neuronal interactions*, 4(2), 161-164.
- National Institutes of Health. (2012). *Research for a new age*. Bethesda, MD: NIH.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., . . . Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094-1105. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650
- Newman, A. B., Haggerty, C. L., Goodpaster, B., Harris, T., Kritchevsky, S., Nevitt, M., . . . Health, T. (2003). Strength and Muscle Quality in a Well-Functioning Cohort of Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(3), 323-330. doi: 10.1046/j.1532-5415.2003.51105.x
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E. M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., . . . Harris, T. B. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(1), 72-77.
- Newson, R. S., & Kemps, E. B. (2006). Cardiorespiratory fitness as a predictor of successful cognitive ageing. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 949-967. doi: <https://doi.org/10.1080/13803390591004356>
- Newson, R. S., & Kemps, E. B. (2008). Relationship between fitness and cognitive performance in younger and older adults. *Psychology & health*, 23(3), 369-386. doi: <https://doi.org/10.1080/08870440701421545>
- Nicklas, B. J., & Brinkley, T. E. (2009). Exercise training as a treatment for chronic inflammation in the elderly. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(4), 165-170. doi: 10.1097/JES.0b013e3181b7b3d9
- Nilwik, R., Snijders, T., Leenders, M., Groen, B. B., van Kranenburg, J., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2013). The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Experimental gerontology*, 48(5), 492-498. doi: 10.1016/j.exger.2013.02.012

- Nindl, B. C., & Pierce, J. R. (2010). Insulin-like growth factor I as a biomarker of health, fitness, and training status. *Medicine and science in sports and exercise*, *42*(1), 39-49. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181b07c4d
- Nindl, B. C., Urso, M. L., Pierce, J. R., Scofield, D. E., Barnes, B. R., Kraemer, W. J., . . . Zambraski, E. J. (2012). IGF-I measurement across blood, interstitial fluid, and muscle biocompartments following explosive, high-power exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *303*(10), R1080-R1089.
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, *52*(3), 154-160. doi: 10.1136/bjsports-2016-096587
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Hashizume, H., Akitsuki, Y., Shigemune, Y., . . . Yomogida, Y. (2012). Brain training game improves executive functions and processing speed in the elderly: a randomized controlled trial. *PLoS One*, *7*(1), e29676. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029676>
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Hashizume, H., Nozawa, T., . . . Kawashima, R. (2014). Four weeks of combination exercise training improved executive functions, episodic memory, and processing speed in healthy elderly people: evidence from a randomized controlled trial. *Age*, *36*(2), 787-799. doi: <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9588-x>
- O'Donoghue, P. (2013). Chapter 11. Analysis of Variances *Statistics for sport and exercise studies: An introduction* (pp. 191-217). London, England: Routledge.
- Oosterman, J. M., Vogels, R. L., van Harten, B., Gouw, A. A., Poggesi, A., Scheltens, P., . . . Scherder, E. J. (2010). Assessing mental flexibility: neuroanatomical and neuropsychological correlates of the Trail Making Test in elderly people. *The Clinical Neuropsychologist*, *24*(2), 203-219. doi: 10.1080/13854040903482848
- Ortega-Araya, L. E. (2013). *La inserción y rol del psicólogo en el ambiente hospitalario: aproximación a las necesidades de la práctica clínica psicológica en el Servicio de Neurocirugía y la Unidad de Neuro-Oncología del Hospital México*. Licenciatura, Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1697/35830.pdf?sequence=1>
- Park, S. W., Goodpaster, B. H., Lee, J. S., Kuller, L. H., Boudreau, R., De Rekeneire, N., . . . Nevitt, M. (2009). Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes care*, *32*(11), 1993-1997.
- Payette, H., Roubenoff, R., Jacques, P. F., Dinarello, C. A., Wilson, P. W., Abad, L. W., & Harris, T. (2003). Insulin-Like Growth Factor-1 and Interleukin 6 Predict Sarcopenia in Very Old Community-Living Men and Women: The Framingham Heart Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(9), 1237-1243. doi: 10.1046/j.1532-5415.2003.51407.x
- Peake, J., Della Gatta, P., & Cameron-Smith, D. (2010). Aging and its effects on inflammation in skeletal muscle at rest and following exercise-induced muscle injury. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *298*(6), R1485-R1495. doi: 10.1152/ajpregu.00467.2009
- Penedo, F. J., & Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current opinion in psychiatry*, *18*(2), 189-193. doi: 10.1097/00001504-200503000-00013
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., . . . Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(13), 5638-5643. doi: 10.1073/pnas.0611721104
- Peterson, J. A., & Franklin, B. A. (2010). Chapter 6. Guidelines for Older Adults In C. X. Bryant & D. J. Green (Eds.), *Exercise for Older Adults* (2nd ed., pp. 183-218). San Diego, CA: American Council on Exercise.

- Peterson, M. D., & Gordon, P. M. (2011). Resistance exercise for the aging adult: clinical implications and prescription guidelines. *The American journal of medicine*, *124*(3), 194-198. doi: 10.1016/j.amjmed.2010.08.020
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*, *9*(3), 226-237. doi: 10.1016/j.arr.2010.03.004
- Pijnappels, M., Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Van Dieen, J. H. (2008). Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *18*(2), 188-196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.06.004>
- Pinto, R. S., Correa, C. S., Radaelli, R., Cadore, E. L., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2014). Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age*, *36*(1), 365-372. doi: 10.1007/s11357-013-9567-2
- Pontifex, M., Hillman, C., Fernhall, B., Thompson, K., & Valentini, T. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(4), 927-934. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181907d69
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2012a). Chapter 5. Cell Signaling and the Hormonal Responses to Exercise. *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (8th ed., pp. 91-125). NY: McGraw-Hill.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2012b). Chapter 7. The Nervous System: Structure and Control of the Movement. *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. (8th ed., pp. 139-163). NY: McGraw-Hill.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2012c). Chapter 8. Skeletal Muscle: Structure and Function. *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (8th ed., pp. 164-187). New York, NY: McGraw-Hill.
- Proctor, D., Balagopal, P., & Nair, K. (1998). Age-related sarcopenia in humans is associated with reduced synthetic rates of specific muscle proteins. *The Journal of nutrition*, *128*(2), 351S-355S.
- Rabita, G., Delextrat, A., Lucas, c., Daufre ne, A., M tais, F., & Cozzolino, C. (2013). Chapter 6. Stretching. In C. Hausswirth & I. Mujika (Eds.), *Recovery for performance in sport* (pp. 53-70). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Radaelli, R., Botton, C. E., Wilhelm, E. N., Bottaro, M., Lacerda, F., Gaya, A., . . . Pinto, R. S. (2013). Low-and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Experimental gerontology*, *48*(8), 710-716. doi: 10.1016/j.exger.2013.04.003
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults: Position Stand. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(3), 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670
- Raymond, M. J., Bramley-Tzerefos, R. E., Jeffs, K. J., Winter, A., & Holland, A. E. (2013). Systematic review of high-intensity progressive resistance strength training of the lower limb compared with other intensities of strength training in older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *94*(8), 1458-1472. doi: 10.1016/j.apmr.2013.02.022
- Reas, E. T., Laughlin, G. A., Bergstrom, J., Kritz-Silverstein, D., Barrett-Connor, E., & McEvoy, L. K. (2017). Effects of Sex and Education on Cognitive Change Over a 27-Year Period in Older Adults: The Rancho Bernardo Study. *Am J Geriatr Psychiatry*, *25*(8), 889-899. doi: 10.1016/j.jagp.2017.03.008
- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2003). Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *The Journal of physiology*, *548*(3), 971-981. doi: <https://doi.org/10.1111/j..2003.t01-1-00971.x>

- Reeves, N. D., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2004a). Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *Journal of Applied Physiology*, *96*(3), 885-892.
- Reeves, N. D., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2004b). In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Experimental physiology*, *89*(6), 675-689. doi: <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2004.027797>
- Relaix, F., & Zammit, P. S. (2012). Satellite cells are essential for skeletal muscle regeneration: the cell on the edge returns centre stage. *Development*, *139*(16), 2845-2856. doi: 10.1242/dev.069088
- Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2010). Human neuroscience and the aging mind: a new look at old problems. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *65B*(4), 405-415. doi: 10.1093/geronb/gbq035
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., & Burkett, L. N. (2002). Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. *Research quarterly for exercise and sport*, *73*(4), 485-488. doi: <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609050>
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*, *35*(3), 456-464. doi: 10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013a). Chapter 1. Fitness Testing in Later Years *Senior fitness test manual* (2nd ed., pp. 1-10). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013b). Chapter 2. The Senior Fitness Test *Senior fitness test manual* (2nd ed., pp. 11-22). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013c). Chapter 3. Test Validity, Reliability, Percentile Norms, and Criterion-Referenced Performance Standards *Senior fitness test manual* (2nd ed., pp. 23-52). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013d). Chapter 4. Test Administration. *Senior fitness test manual* (2nd ed., pp. 53-83). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013e). Chapter 5. Test Results. *Senior fitness test manual* (pp. 85-102). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Van Kan, G. A., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., . . . Boirie, Y. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, *12*(7), 433-450. doi: 10.1007/BF02982704
- Rose, D. J. (2005). Chapter 6. Balance, posture, and locomotion. In W. W. Spirduso, K. L. Francis & P. G. MacRae (Eds.), *Physical Dimensions of Aging* (2nd ed., pp. 131-155). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rose, D. J., Jones, C. J., & Lucchese, N. (2002). Predicting the probability of falls in community-residing older adults using the 8-foot up-and-go: a new measure of functional mobility. *Journal of aging and physical activity*, *10*(4), 466-475. doi: <https://doi.org/10.1123/japa.10.4.466>
- Rosselli, M., Jurado, M. B., & Matute, E. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias*, *8*(1), 23-46.
- Roubenoff, R., & Hughes, V. A. (2000). Sarcopenia: current concepts. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*(12), M716-M724. doi: 10.1093/gerona/55.12.M716
- Rubin, E. H., Storaandt, M., Miller, J. P., Kinscherf, D. A., Grant, E. A., Morris, J. C., & Berg, L. (1998). A prospective study of cognitive function and onset of dementia in cognitively healthy elders. *Archives of neurology*, *55*(3), 395-401. doi: 10.1001/archneur.55.3.395
- Scanlon, T. C., Fragala, M. S., Stout, J. R., Emerson, N. S., Beyer, K. S., Oliveira, L. P., & Hoffman, J. R. (2014). Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults. *Muscle & nerve*, *49*(4), 584-592. doi: 10.1002/mus.23969

- Schaap, L. A., Pluijm, S. M., Deeg, D. J., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., . . . Tylavsky, F. A. (2009). Higher inflammatory marker levels in older persons: associations with 5-year change in muscle mass and muscle strength. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 64(11), 1183-1189. doi: 10.1093/gerona/glp097
- Schaap, L. A., Pluijm, S. M., Deeg, D. J., & Visser, M. (2006). Inflammatory markers and loss of muscle mass (sarcopenia) and strength. *The American journal of medicine*, 119(6), 526. e529-526. e517. doi: doi:10.1016/j.amjmed.2005.10.049
- Schneider, E. L., & Guralnik, J. M. (1990). The aging of America: impact on health care costs. *Jama*, 263(17), 2335-2340. doi: 10.1001/jama.1990.03440170057036
- Seguin, R., & Nelson, M. E. (2003). The benefits of strength training for older adults. *American journal of preventive medicine*, 25(3), 141-149. doi: 10.1016/S0749-3797(03)00177-6
- Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 368-373. doi: https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00789.2006
- Shay, K. A., & Roth, D. L. (1992). Association between aerobic fitness and visuospatial performance in healthy older adults. *Psychology and aging*, 7(1), 15.
- Shephard, R. J. (1997). Demographics of Aging. In R. J. Shephard (Ed.), *Aging, Physical Activity, and Health* (pp. 3-30). Champaign: IL: Human Kinetics Publishers.
- Sherwood, L. (2011a). Capítulo 3. La membrana plasmática y el potencial de membrana. *Fisiología humana: de las células a los sistemas* (7ma ed., pp. 53-85.). México, D.F., México: Cengage Learning.
- Sherwood, L. (2011b). Capítulo 4. Principios de la comunicación neuronal y hormonal. *Fisiología humana: de las células a los sistemas* (7ma ed., pp. 87-131.). México, D.F., México: Cengage Learning.
- Sherwood, L. (2011c). Capítulo 5: El sistema nervioso central. *Fisiología humana: de las células a los sistemas* (7ma ed., pp. 133-181.). México, D.F., México: Cengage Learning.
- Sherwood, L. (2011d). Capítulo 7. El sistema nervioso periférico: La división eferente. *Fisiología humana: de las células a los sistemas* (7ma. ed., pp. 237-255). México, D.F., México: Cengage Learning.
- Sherwood, L. (2011e). Capítulo 8. Fisiología de los músculos. *Fisiología humana: de las células a los sistemas* (7ma ed., pp. 257-301.). México, D.F., México: Cengage Learning.
- Shin, S., Valentine, R. J., Evans, E. M., & Sosnoff, J. J. (2012). Lower extremity muscle quality and gait variability in older adults. *Age Ageing*, 41(5), 595-599. doi: https://doi.org/10.1093/ageing/afs032
- Silverthorn, D. U. (2008). Capítulo 8 Neuronas: propiedades celulares y de las redes *Fisiología humana: Un enfoque integrado* (4ta ed., pp. 243-290). Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- Slaughter, S. E., Wagg, A. S., Jones, C. A., Schopflocher, D., Ickert, C., Bampton, E., . . . Lycar, C. (2015). Mobility of vulnerable elders study: effect of the sit-to-stand activity on mobility, function, and quality of life. *Journal of the American Medical Directors Association*, 16(2), 138-143. doi: https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.07.020
- Smith, C. D., Chebrolu, H., Wekstein, D. R., Schmitt, F. A., & Markesbery, W. R. (2007). Age and gender effects on human brain anatomy: a voxel-based morphometric study in healthy elderly. *Neurobiology of aging*, 28(7), 1075-1087. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2006.05.018
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., . . . Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic medicine*, 72(3), 239-252. doi: 10.1097/PSY.0b013e3181d14633.

- Song, M.-Y., Ruts, E., Kim, J., Janumala, I., Heymsfield, S., & Gallagher, D. (2004). Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 874-880.
- Spiriduso, W. W., & Asplund, L. A. (1995). Physical activity and cognitive function in the elderly. *Quest*, 47(3), 395-410.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005a). Chapter 11. Physical Function of Older Adults *Physical Dimensions of Aging* (2nd ed., pp. 261-286). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005b). Quantity and Quality of Life. In W. W. Spiriduso, K. L. Francis & P. G. MacRae (Eds.), *Physical Dimensions of Aging* (pp. 3-30). Champaign: Human Kinetics.
- Stein, C., & Moritz, I. (1999). A life course perspective of maintaining independence in older age. *World Health Organization*.
- Studenski, S. A., Peters, K. W., Alley, D. E., Cawthon, P. M., McLean, R. R., Harris, T. B., . . . Kenny, A. M. (2014). The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 69(5), 547-558. doi: 10.1093/gerona/glu010
- Su, H., Chang, N. J., Wu, W. L., Guo, L. Y., & Chu, I. H. (2017). Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *J Sport Rehabil*, 26(6), 469-477. doi: 10.1123/jsr.2016-0102
- Swain, R. A., Harris, A. B., Wiener, E. C., Dutka, M. V., Morris, H. D., Theien, B. E., . . . Greenough, W. T. (2003). Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience*, 117(4), 1037-1046. doi: 0.1016/S0306-4522(02)00664-4
- Sweet, L. H. (2011). Information Processing Speed. In B. Caplan, J. S. Kreutzer & J. DeLuca (Eds.), *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (pp. 96). New York, NY: Springer.
- Taaffe, D. R., Henwood, T. R., Nalls, M. A., Walker, D. G., Lang, T. F., & Harris, T. B. (2009). Alterations in muscle attenuation following detraining and retraining in resistance-trained older adults. *Gerontology*, 55(2), 217-223. doi: <https://doi.org/10.1159/000182084>
- Taekema, D. G., Ling, C. H., Blauw, G. J., Meskers, C. G., Westendorp, R. G., de Craen, A. J., & Maier, A. B. (2011). Circulating levels of IGF1 are associated with muscle strength in middle-aged-and oldest-old women. *European Journal of Endocrinology*, 164(2), 189-196. doi: 10.1530/EJE-10-0703
- Tarpenning, K. M., Hamilton-Wessler, M., Wiswell, R. A., & Hawkins, S. A. (2004). Endurance training delays age of decline in leg strength and muscle morphology. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(1), 74-78. doi: 10.1249/01.MSS.0000106179.73735.A6
- Theou, O., Stathokostas, L., Roland, K. P., Jakobi, J. M., Patterson, C., Vandervoort, A. A., & Jones, G. R. (2011). The effectiveness of exercise interventions for the management of frailty: a systematic review. *Journal of aging research*, 2011, 569194. doi: <http://dx.doi.org/10.4061/2011/569194>
- Thomas, D. R. (2010). Sarcopenia. *Clinics in geriatric medicine*, 26(2), 331-346.
- Thomas, J. R., & French, K. E. (1986). The use of meta-analysis in exercise and sport: A tutorial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(3), 196-204. doi: <https://doi.org/10.1080/02701367.1986.10605397>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2006). Capítulo 11. El sistema muscular. *Principios de anatomía y fisiología* (11ava ed., pp. 329-406). Buenos Aires, Argentina: Edit. Médica Panamericana.
- Tracy, B., Ivey, F., Hurlbut, D., Martel, G., Lemmer, J., Siegel, E., . . . Hurley, B. (1999). Muscle quality. II. Effects of strength training in 65-to 75-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 195-201.

- Trappe, S., Williamson, D., & Godard, M. (2002). Maintenance of whole muscle strength and size following resistance training in older men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(4), B138-B143. doi: 10.1093/gerona/57.4.B138
- Tucker, A. M., & Stern, Y. (2011). Cognitive reserve in aging. *Current Alzheimer Research*, 8(4), 354-360. doi: <https://doi.org/10.2174/156720511795745320>
- van Asselen, M., Kessels, R. P., Neggers, S. F., Kappelle, L. J., Frijns, C. J., & Postma, A. (2006). Brain areas involved in spatial working memory. *Neuropsychologia*, 44(7), 1185-1194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.005>
- Van Boxtel, M. P., PaaS, F. G. W. C., Houx, P. J., Adam, J. J., Teeken, J. C., & Jolles, J. (1997). Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional aging study. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(10), 1357-1365.
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(23), 13427-13431. doi: 10.1073/pnas.96.23.13427
- van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature neuroscience*, 2(3), 266-270. doi: 10.1038/6368
- van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C., & Gage, F. H. (2005). Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *The Journal of Neuroscience*, 25(38), 8680-8685. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1731-05.2005
- Vaportzis, E., Niechcial, M. A., & Gow, A. J. (2019). A systematic literature review and meta-analysis of real-world interventions for cognitive ageing in healthy older adults. *Ageing Res Rev*, 50, 110-130. doi: 10.1016/j.arr.2019.01.006
- Vasquez, E., Botosaneanu, A., Bennett, J. M., & Shaw, B. A. (2015). Racial/Ethnic Differences in Trajectories of Cognitive Function in Older Adults: Role of Education, Smoking, and Physical Activity. *J Aging Health*. doi: 10.1177/0898264315620589
- Viana, J. U., Silva, S. L., Torres, J. L., Dias, J., Pereira, L. S., & Dias, R. C. (2013). Influence of sarcopenia and functionality indicators on the frailty profile of community-dwelling elderly subjects: a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 17(4), 373-381. doi: 10.1590/S1413-35552012005000102
- Vieira, D. C. L., Tibana, R. A., Tajra, V., da Cunha Nascimento, D., de Farias, D. L., de Oliveira Silva, A., . . . dos Santos Mendes, F. A. (2013). Decreased functional capacity and muscle strength in elderly women with metabolic syndrome. *Clinical interventions in aging*, 8, 1377. doi: <http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S50333>
- Visich, P., & Ehrman, J. (2009). Chapter 5. Graded exercise testing and exercise prescription. In J. Ehrman, P. M. Gordon, P. S. Visich & S. J. Keteyian (Eds.), *Clinical Exercise Physiology* (2nd ed., pp. 77-108). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Visser, M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Nevitt, M., Rubin, S. M., . . . Harris, T. B. (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(3), 324-333. doi: 10.1093/gerona/60.3.324
- Visvanathan, R., & Chapman, I. (2010). Preventing sarcopaenia in older people. *Maturitas*, 66(4), 383-388. doi: 10.1016/j.maturitas.2010.03.020
- Watanabe, Y., Madarame, H., Ogasawara, R., Nakazato, K., & Ishii, N. (2013). Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(6), 463-470. doi: 10.1111/cpf.12117
- Welle, S., Bhatt, K., & Thornton, C. A. (1999). Stimulation of myofibrillar synthesis by exercise is mediated by more efficient translation of mRNA. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1220-1225.

- Wiener, J. M., Hanley, R. J., Clark, R., & Van Nostrand, J. F. (1990). Measuring the activities of daily living: Comparisons across national surveys. *Journal of Gerontology: Social Sciences*, 45(6), S229-S237. doi: <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.S229>
- Wilke, J., Giesche, F., Klier, K., Vogt, L., Herrmann, E., & Banzer, W. (2019). Acute Effects of Resistance Exercise on Cognitive Function in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-Analysis. *Sports Med*, 49(6), 905-916. doi: 10.1007/s40279-019-01085-x
- Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (2008a). Chapter 1. Structure and Function of Exercising Muscle. *Physiology of Sport and Exercise* (4th ed., pp. 24-45). Champaign, IL: Human kinetics.
- Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (2008b). Chapter 2. Fuel for Exercising Muscle, Metabolism and Hormonal Control. *Physiology of Sport and Exercise* (4th ed., pp. 46-77). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (2008c). Chapter 3. Neural Control of Exercising Muscle. *Physiology of Sport and Exercise* (4th ed., pp. 76-97). Champaign, IL: Human Kinetics.
- World Health Organization. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Wu, C., Yi, Q., Zheng, X., Cui, S., Chen, B., Lu, L., & Tang, C. (2019). Effects of Mind-Body Exercises on Cognitive Function in Older Adults: A Meta-Analysis. *J Am Geriatr Soc*, 67(4), 749-758. doi: 10.1111/jgs.15714
- Xu, T., Yu, X., Perlik, A. J., Tobin, W. F., Zweig, J. A., Tennant, K., . . . Zuo, Y. (2009). Rapid formation and selective stabilization of synapses for enduring motor memories. *Nature*, 462(7275), 915-919. doi: 10.1038/nature08389
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L.-Y., & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Archives of internal medicine*, 161(14), 1703-1708. doi: 10.1001/archinte.161.14.1703.
- Yan, T., Wilber, K. H., Aguirre, R., & Trejo, L. (2009). Do sedentary older adults benefit from community-based exercise? Results from the Active Start program. *The Gerontologist*, 49(6), 847-855. doi: <https://doi.org/10.1093/geront/gnp113>

14. Anexos

14.1. Anexo 1: Permiso del Ministerio de Salud como Estudiante Investigador



CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACION EN SALUD CONIS

A QUIEN INTERESE

La Secretaría Técnica Ejecutiva del CONIS hace constar que Luis Carlos Solano Mora con la cédula número 1-0813-0651 ha sido acreditado como Estudiante Investigador con el código número 828 por el Consejo Nacional de Investigación en Salud CONIS, en su sesión No. 95 Del 22 de febrero del 2017, Dado en la ciudad de San José a los 23 días del mes de marzo 2017.

Dra. Sandra Cordero Young
Secretaria Técnica Ejecutiva
CONIS



archivo.-

Teléfono fax 2257-78-21 ext 119

Edificio Norte primer piso

Apartado San José 10123

14.2. Anexo 2: Aprobación del Comité de Ética



5 de setiembre de 2017

UNA-CECUNA-ACUE-020-2017

M.Sc. Luis Solano Mora

Estudiante

Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida

Estimado estudiante:

Para su información y para los efectos consiguientes, me permito enviarle la transcripción del acuerdo firme 020-2017 tomado por los miembros del COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL (CECUNA) en su sesión ordinaria N° 09-2017 artículo IV, celebrada el 4 de setiembre de 2017, que la letra dice:

Considerando que:

1. El estudiante de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida Luis Solano, el 4 de setiembre del 2017 realizó la entrega de un nuevo formato del protocolo *“Efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la sarcopenia, la cognición y la función física de mujeres adultas mayores”*.
2. El CECUNA mediante el acuerdo UNA-CECUNA-ACUE-010-2017, de la sesión ordinaria N° 05-2017 celebrada el 8 de mayo de 2017 no aprobó el protocolo *“Efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la sarcopenia, la cognición y la función física de mujeres adultas mayores”*, en el formato actual, además, mediante oficio UNA-CECUNA-OFIC-046-2017, se envió el detalla los cambios solicitados al protocolo.
3. El Comité Ético analizó que todos los cambios fueron realizados satisfactoriamente se aprueba el protocolo *“Efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la sarcopenia, la cognición y la función física de mujeres adultas mayores”* CECUNA-2017-P004.
4. El protocolo cumple con los principios éticos estipulados en la Ley 9234. Además, esta investigación representa solamente un leve riesgo para la salud de las personas participantes y el conocimiento generado por el estudio podrá beneficiar a la población estudiada en el futuro.

5. El protocolo expresa con claridad y precisión el plan de investigación y lo que se espera realizar.
6. El contenido es lo suficientemente detallado y completo.
7. Es redactado de manera que su contenido sea entendido por los evaluadores del proyecto, así como por las(os) investigadoras(es) y técnicos involucradas(os) en la ejecución.

SE ACUERDA:

1. **APROBAR EL PROTOCOLO “EFECTO CRÓNICO DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS CONTRA RESISTENCIA SOBRE LA SARCOPENIA, LA COGNICIÓN Y LA FUNCIÓN FÍSICA DE MUJERES ADULTAS MAYORES” CECUNA-2017-P004, PRESENTADO POR EL ESTUDIANTE LUIS SOLANO MORA.**
2. **INFORMAR AL ESTUDIANTE LUIS SOLANO QUE EL PROTOCOLO “EFECTO CRÓNICO DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS CONTRA RESISTENCIA SOBRE LA SARCOPENIA, LA COGNICIÓN Y LA FUNCIÓN FÍSICA DE MUJERES ADULTAS MAYORES” CECUNA-2017-P004, SE APRUEBA SIN CAMBIOS.**
3. **ESTABLECER EL PERIODO DE VIGENCIA DEL PROTOCOLO DEL 4 DE SETIEMBRE DEL 2017 AL 31 DE MAYO 2018.**
4. **SI FUERA NECESARIO PEDIR UNA AMPLIACIÓN, EL INVESTIGADOR DEBE SOLICITARLA AL CECUNA CON UN MÍNIMO DE TRES MESES ANTES DE SU FECHA FINAL.**
5. **INFORMARLE AL INVESTIGADOR PRINCIPAL QUE DEBE SOLICITAR LA EXENCIÓN DEL PAGO DEL CANON ANTE EL CONIS, SIGUIENDO LAS INSTRUCCIONES DEL CONIS EN EL SIGUIENTE SITIO-WEB:
<https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/consejos/conis>**
6. **INFORMARLE AL INVESTIGADOR PRINCIPAL QUE DEBE ENTREGAR AL CECUNA EL COMPROBANTE DE LA RECEPCIÓN DE DICHO DOCUMENTO EN EL MINISTERIO DE SALUD Y POSTERIORMENTE REMITIR LA RESPUESTA AL**

CECUNA, PARA QUE EL CECUNA PUEDA REGISTRAR LA INVESTIGACION ANTE EL CONIS.

- 7. SOLICITAR AL INVESTIGADOR PRINCIPAL LA ENTREGA DE INFORMES TRIMESTRALES, UN INFORME ANUAL Y UN INFORME FINAL DEL PROYECTO, MEDIANTE LOS FORMULARIOS F-CECUNA-14A Y F-CECUNA-15, RESPECTIVAMENTE, EN LAS SIGUIENTES FECHAS, TANTO DE FORMA DIGITAL COMO IMPRESO:**

Informe	Número	Periodo reportado	Fecha límite para presentar
Trimestral	1	04-09-2017 al 30-11-2017	07-12-2017
Trimestral	2	01-12-2018 al 28-02-2018	15-03-2018
Trimestral	3	01-03-2018 al 31-05-2018	15-06-2018
Final	1	04-09-2017 al 31-05-2018	30-06-2018

- 8. SOLICITAR AL INVESTIGADOR LA ENTREGA DEL INFORME FINAL DEL PROYECTO A MÁS TARDAR EL 30 DE JUNIO DE 2018.**

- 9. ACUERDO FIRME Y UNÁNIME No. 20-2017.**

Atentamente,



PhD. Berna van Wendel de Joode
Presidenta
CECUNA



14.3. Anexo 3: Consentimiento informado

- Consentimiento Informado -

Versión 1.2, 09 de febrero 2018

Este estudio se llama **“Efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la sarcopenia, la cognición y la función física de mujeres adultas mayores”**.

Este estudio es una investigación experimental en la que usted va a ser sometida a un programa de ejercicios y se le van a hacer evaluaciones. El propósito de este consentimiento informado es brindarles a las participantes de este estudio una explicación de los aspectos que se requieren para llevar a cabo el mismo.

Este estudio es dirigido por el M.Sc. Luis C. Solano Mora, académico de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida de la Universidad Nacional y por su tutor Ph.D. José Moncada Jiménez, académico de la Escuela de Educación Física y Deportes de la Universidad de Costa Rica. Este estudio va a ser el proyecto de tesis doctoral del profesor Solano Mora y es financiado por la Universidad Nacional bajo el acuerdo UNACIEMHCAVI-INCIEMOSA-OFIC-002-2017 del proyecto INCIEMOSA (Proyecto de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano y Salud de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida).

Se me informó que este estudio tiene como fin conocer si un programa de entrenamiento contraresistencia mejora: 1) la capacidad de los músculos y la velocidad de caminar; 2) la memoria y velocidad para procesar información, de personas adultas mayores. Se espera que 40 adultas mayores entre 65 y 75 años jubiladas de COLYPRO participarán del estudio.

Asimismo se me explicó que este estudio puede llegar a aportar conocimientos a nivel metodológico con respecto a los ejercicios de fuerza que podrían mejorar mi condición cognitiva, mis músculos y algunas de mis actividades físicas diarias, así como también el aportar más información científica al área del envejecimiento y ejercicio físico.

Me doy por enterada también que producto de mi participación, se requiere que yo realice una evaluación médica completa sin costo alguno en la que me van a preguntar por mis antecedentes de enfermedades del corazón, huesos, músculos y órganos internos y ver también si puedo seguir las indicaciones que me indique el doctor. Asimismo, se me indicó que en caso de que no tenga ningún problema médico para participar, se me van a realizar varios exámenes, a saber:

A. Pruebas musculares: 1) Masa Muscular Magra, para ver cuánta masa de músculo tengo; se me explicó que un evaluador especialista en movimiento humano me va a colocar en un aparato que se denomina DEXA, el cual emite una radiación muy baja que no va a perjudicar mi salud y que es la que permite ver la cantidad de músculo que tengo. Me indicaron que me tendré que acostar en el DEXA como en una cama por aproximadamente unos 5 min para que el aparato me pueda hacer la evaluación. También se me indicó que por seguridad mía, no debo de someterme a más de cuatro evaluaciones al año con Rayos X o algún otro aparato similar al DEXA que emita radiación para evitar una sobre exposición, 2) del mismo modo, se me indicó que me van a evaluar la fuerza de los músculos de mis piernas y brazos en cinco ejercicios diferentes y que para eso voy a tener que doblar y extender mis rodillas, empujar con mis piernas, empujar con mis brazos y jalar con mis brazos seis veces cada ejercicio, teniendo que mover una carga que voy a sentirla como moderada o pesada, todo esto va a ser evaluado por un especialista en movimiento humano con experiencia en trabajos en gimnasios y evaluación de la fuerza, 3) igualmente, un especialista en radiología me va a evaluar el tamaño de mis músculos usando un ultrasonido, para esto me va a pasar un gel en mis piernas y me solicitará que no me mueva para poder tomar medir bien la medida y 4) por último, un especialista en movimiento humano va a tomar los datos del ultrasonido y los datos de la evaluación de mi fuerza y los agregará a una fórmula matemática que indicará qué tan eficientes son mis músculos.

B. Pruebas físicas funcionales: 1) Prueba de pararse y sentarse en 30 seg, para ver cuántas veces me puedo parar y sentar en una silla durante 30 segundos; y 2) Test de agilidad,

para ver cuántos segundos duro en levantarme de una silla, moverme hasta un cono, devolverme y sentarme de nuevo.

C. Pruebas cognitivas: Me indicaron que un neuropsicólogo me va a aplicar las siguientes pruebas: 1) prueba de memoria en la que tengo que poner unos cubos en el orden que se me indicó, 2) una prueba en la que tengo que unir números en orden a la mayor velocidad, 3) otra en la que tengo que unir números con letras en un orden específico, y 4) otra prueba en la que tengo que repetir la secuencia de números como me las dijo el evaluador y otra en la que también tengo que repetir la secuencia de números pero al revés.

D. Prueba de sangre: en esta prueba, una microbióloga especialista en laboratorio me va a sacar sangre para ver un componente que se usa para determinar cómo responden al ejercicio mis músculos y mi cuerpo. Para esto, va a requerir ponerme un torniquete e insertarme una aguja con un tubo en el que se recoge primero una muestra y después un segundo tubo para la siguiente muestra de sangre. Se me explicó que debo de llegar en ayunas para efectuarme el examen, posterior a lo cual, se me brindará un refrigerio liviano que consistirá en café o jugo con galletas y frutas sin costo alguno. Del mismo modo, se me indicó que las muestras de sangre solamente van a ser utilizadas para efectos de la investigación y que se requiere guardarlas durante no más de seis meses por si se necesita realizar otro análisis más para asegurarse de la exactitud de la prueba, y que después de ese tiempo las muestras de sangre restantes serán destruidas apropiadamente. Estas muestras sanguíneas serán analizadas y resguardadas bajo llave en el Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud y Deporte (CIDISAD) de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida de la Universidad Nacional. Me doy por enterada que recibiré los resultados de esta prueba así como de todas las demás pruebas. Del mismo modo, entiendo que las pruebas serán guardadas por un máximo de 6 meses en el mismo Centro para volver a revisar algún resultado que parezca extraño. Además, me queda claro que si no estoy de acuerdo en que almacenen mis muestras, puedo pedir que las analicen y que las destruyan de inmediato. También si el día de la toma de la muestra de sangre he cambiado de opinión y ya no quiero colaborar con dar la muestras, soy libre de hacerlo. Lo que se quiere determinar en la sangre es la cantidad presente de una sustancia que se llama Factor

de Crecimiento Tipo Insulina I (IGF-I), el cual está relacionado con la formación de masa muscular y con el mantenimiento del Sistema Nervioso Central.

Todo este proceso de evaluación durará dos semanas. Inmediatamente después de estas pruebas empezaré con los trabajos físicos, en donde me asignarán al azar a uno de dos grupos a saber: **a) Grupo 1:** ejercicios de balance, estiramiento y control corporal o bien, **b) Grupo 2:** un programa de ejercicios con máquinas para trabajar fuerza.

Específicamente, se me explicó que si voy al **Grupo 1** tendré que realizar un calentamiento de 10 min; este consistirá de 5 min de estiramiento pasivo de los brazos y las piernas en los que cada posición se sostiene 10 seg, seguido de otros 5 min de ejercicios de control de la respiración. Posteriormente, el segmento principal corresponderá de 15 min de trabajos combinados, sosteniendo el peso del cuerpo mientras se mueven los brazos y las piernas en diferentes direcciones, se realizan elevaciones de piernas, con movimientos circulares de brazos y finalmente, 5 min de estiramiento pasivo de los grandes grupos musculares, al igual que al principio, se sostiene cada posición de los brazos y las piernas por 10 seg, Todo este trabajo lo iré a realizar dos veces por semana por 30 min durante 8 semanas.

Por el contrario, si voy al **Grupo 2**, tendré que realizar un calentamiento de 10 min en una bicicleta estacionaria y 5 min de movilidad estirando los grupos musculares grandes de los brazos y piernas, sosteniendo cada posición por 10 seg. Posterior a esto, me ejercitaré a un 70% de los valores obtenidos en la prueba de fuerza muscular para los ejercicios de extensión y de fuerza, de aproximadamente 40 min por sesión durante 8 semanas.

Finalmente me volverán a aplicar todas las pruebas que me realizaron en un principio durante dos semanas. En total, contando las evaluaciones y los trabajos físicos, la investigación durará 12 semanas. Del mismo modo, conozco que en este estudio vamos a participar unas 40 mujeres adultas mayores entre los 65 y los 75 años, todas jubiladas y asociadas a COLYPRO.

El profesor Solano Mora me explicó que las mujeres adultas mayores podrían presentar algún tipo de dolor o molestias a nivel muscular producto de la adaptación del cuerpo a los ejercicios, el cual debería desaparecer en el transcurso de los días. Además, como producto

del ejercicio la presión arterial se incrementa aunque esto es normal; rara vez se va a elevar a niveles perjudiciales para la salud. Solo en los casos en que las personas adultas mayores no tengan controlada su presión arterial ahí se podría presentar una respuesta hipertensiva considerable que puede ocasionar daños a la salud de las personas, como dolor torácico inespecífico, angina de pecho o arritmias leves.

Del mismo modo, me indicó que cuando las participantes cambien de posición en las máquinas biomecánicas de peso dirigido, por ejemplo, a la hora de ponerse de pie o a la hora de colocarse boca abajo, las mujeres adultas mayores podrían sentir mareos, asimismo, podrían experimentar alteraciones temporales en la respiración que deberían de cesar en cuanto se finalice el ejercicio.

Se me explicó que para evitar un mareo o posible desmayo, debo evitar el contener la respiración durante los ejercicios. También podría percibir Además, los eventos cardiovasculares rara vez pueden ocurrir, tales como dolor torácico inespecífico, angina de pecho o arritmias leves. También puedo percibir dolores articulares durante la sesión y al final de la misma, así como dolores musculares retardados en días posteriores a la sesión producto de los ejercicios.

De la misma manera puedo percibir molestias en la piel producto del gel que se debe usar para medir el grosor de mis músculos, calambres producto de los ejercicios, pérdida de balance debido al cambio de dirección con posibilidad de caídas, así como posibles molestias en las rodillas, por lo que es importante que acate siempre las indicaciones del profesor. Para la toma de las muestras de sangre, podría tener un morete producto de la extracción de sangre,

Se me indicó que para atender cualquier eventualidad que se presente con respecto a una atención de urgencia y emergencia médica, el personal asistente del estudio posee recursos técnicos para la atención primaria de cualquier eventualidad. No obstante, en todo caso de accidente o lesión de paciente, se llamará a la empresa que brinda los servicios de emergencias a COLYPRO, en este caso Emergencias Médicas para su adecuada atención.

Del mismo modo, en caso de un evento más serio que requiera intervención por cirugía, se me brindará un Seguro de Responsabilidad Civil del Instituto Nacional de Seguros (INS) número de póliza 01-04-RCG-4700-00 que cubre daños a la propiedad de terceras personas, o daños a las personas ya sea que provoquen muerte o lesiones.

Es posible que producto del ejercicio yo mejore mi fuerza y mi cognición. Además, se acotó que producto de mi participación en la investigación, yo obtendré gratis la siguiente evaluación de pruebas físicas (a partir de la fecha en que finalice su participación en el estudio) y que también me darán el informe respectivo sin costo alguno. Por lo demás no existe ningún beneficio personal. Sin embargo, mi participación es muy importante ya que ayudará a comprender si el ejercicio de contrarresistencia mejora la capacidad de los músculos y la velocidad de caminar; 2) la memoria y velocidad para procesar información, de personas adultas mayores.

Reconozco que la información que se genere de esta investigación es estrictamente confidencial; los datos obtenidos en la investigación serán guardados bajo llave y se les pondrá un código identificador para que no se relacione con ningún nombre, y que para efectos de seguridad, únicamente el investigador tendrá acceso a los datos que guardará en su computadora personal, de la que solamente él tiene la clave de acceso.

Los resultados del estudio serán utilizados para publicarlos en una revista especializada, exponer sus resultados en algún congreso, seminario o simposio internacional o nacional, siempre sin revelar mi nombre ni apellido. La información del estudio no será usada para ningún otro propósito fuera del estudio sin mi consentimiento.

Asimismo, se me informó que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto me vaya a perjudicar ni en lo personal ni en lo legal.

De la misma manera, se me indicó que para hacer la evaluación médica, las pruebas físicas funcionales, las de fuerza, las pruebas cognitivas y los ejercicios, debo de asistir a COLYPRO por mis propios medios, mientras que para las pruebas musculares con el DEXA y el ultrasonido así como las pruebas sanguíneas, se me brindará un transporte en buseta

desde COLYPRO hasta la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida sin costo alguno.

También se me mencionó que al final del estudio, el profesor Solano Mora reunirá a todas las participantes del mismo para realizar una conferencia magistral y explicar los resultados del estudio. Durante el mismo, el profesor Solano Mora me entregará un informe de los resultados que obtuve durante el estudio. Nuevamente también reconozco que he sido informada de que puedo hacer preguntas sobre este estudio en cualquier momento y que si quiero revisar mi expediente o que si deseo una copia del mismo, la puedo pedir en el momento en que yo así lo quiera.

De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar al M.Sc. Luis Solano Mora al teléfono 8835-0390 o al 2562-4788, o al correo electrónico lsolano@una.cr o bien, en su oficina en la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, Universidad Nacional, localizada en Lagunilla de Heredia, Campus Pbro. Benjamín Núñez, 1 ½ km al oeste del cementerio Jardines del Recuerdo. Si tuviera alguna **pregunta sobre mis derechos como participante** de este estudio o la manera en que he sido tratada, puedo ponerme en contacto con el Comité Ético de la Universidad Nacional Teléfono: (+506) 2277 3515, Correo electrónico: cecuna@una.cr.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

Así, conociendo todo lo anterior, yo _____, número de identificación _____, he leído con total claridad este documento y acepto participar voluntariamente en este estudio, conducido por Luis C. Solano Mora. He sido informado(a) de que la meta de este estudio es determinar los

“Efecto crónico de un programa de ejercicios contra resistencia sobre la sarcopenia, la cognición y la función física de mujeres adultas mayores”.

Nombre completo de la participante _____ Cédula _____ Firma _____ Fecha, hora y lugar _____

Nombre completo del testigo imparcial _____ Cédula _____ Firma _____ Fecha, hora y lugar _____

Nombre del encargado del estudio _____ Cédula _____ Firma _____ Fecha, hora y lugar _____

M.Sc. Luis C. Solano Mora

Académico

Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida



14.4. Anexo 4: Producción académica durante el programa de doctorado

1. Publicaciones

1.1. Revistas

- 1.1.1. **Solano Mora, L. C.**, Araya-Vargas, G., Jiménez-Torres, J. & Moncada-Jiménez, J. (2018). Gender, Adiposity and Age as Predictors of Quality of Life in Costa Rican University-Retirees. *International Journal of Prevention and Treatment*, 7(1), 14-20. doi:10.5923/j.ijpt.20180701.03
- 1.1.2. Santamaría, K. G., Salicetti Fonseca, A., Moncada-Jiménez, J., y **Solano Mora, L. C.** (2018). Mejora del equilibrio, atención y concentración después de un programa de entrenamiento exergame en la persona adulta mayor. *Retos*, 33, 102-105.
- 1.1.3. Jiménez Castro, E., Blanco Romero, L., Araya Vargas, G. A., **Solano-Mora, L.** (2017). Meta-analysis on the Physiological Benefits and Quality of Life of Muscle Training in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine*, 7(4), 1-6. doi: 10.4172/2161-105X.1000422
- 1.1.4. Rodríguez Méndez, D., El Hob Montero, W., & **Solano Mora, L.** (2016). Comparison of levels of self-esteem by sex and level of physical activity in two groups of senior adults. *MHSalud: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 13(1). <https://doi.org/10.15359/mhs.13-1.4>
- 1.1.5. Azofeifa Mora, C., **Solano Mora, L.**, Salas Cabrera, J., & Fonseca Schmidt, H. (2016). Comparison between job stress predictors based on physical activity, age, gender and seniority in a group of administrative officers from the Costa Rican public sector. *MHSalud: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 13(1). <https://doi.org/10.15359/mhs.13-1.3>
- 1.1.6. **Solano-Mora, L.**, Moncada-Jiménez, J., Araya-Vargas, G., y Jiménez-Torres, J. (2015). Validez factorial del Cuestionario de Salud SF-36 en jubilados universitarios costarricenses. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 24(2), 144-153.
- 1.1.7. Rodríguez-Hernandez, M., Araya Ramirez, F., Ureña Bonilla, P., Wadsworth, D., & **Solano Mora, L.** (2014). Physical Fitness and its Relationship to Depressive Traits in Older Adults Undertaking Physical Activity. *MHSalud: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 11(1). <https://doi.org/10.15359/mhs.11-1.4>

1.2. Resúmenes en congresos y simposios

- 1.2.1. **Solano-Mora, L.**, Salazar-Villanea, M., Araya-Ortega, L.E., Valdivieso-Mora, E., Johnson, D.K., Chacón-Araya, Y., & Moncada-Jiménez, J. (2019). Health and Fitness Differences Between Urban and Rural Costa Rican Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *51*(5), s724.
- 1.2.2. Campos-Salazar, C., Chacón-Araya, Y., **Solano-Mora, L.**, Brenes Camacho, G., & Moncada-Jiménez, J. (2017). Normative anthropometric and physical function scores for Costa Rican older adults. *International Journal of Exercise Science*, *13*(1), <http://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol13/iss1/12>.
- 1.2.3. **Solano-Mora, L.**, Salazar-Villanea, M., Araya-Ortega, L.E., Valdivieso-Mora, E., Johnson, D.K., Chacón-Araya, Y., & Moncada-Jiménez, J. (2017).
- 1.2.4. Guerra-Balic, M., Barnet-López, S., Signo-Miguel, S., Pérez-Testor, S., Bruna, O., **Solano, L.**, & Oviedo, G. R. (2017). Cognitive Benefits of a Dance Movement Therapy Program in Adults with Intellectual Disabilities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *49*(5), s75.
- 1.2.5. Barnet-Lopez, S., Pérez-Testor, S., Cabedo, J., Oviedo, G., Solano-Mora, L., & Guerra-Balic, M. (2015). Dance therapy improves emotional well-being in older adults with intellectual disability. *Palaestra*, *29*(4), 26.
- 1.2.6. Solano Mora, L. C., Moncada-Jiménez, J., Araya Vargas, G. A., y Jiménez Torres, J. (2014). Variabilidad en las respuestas al SF-36 en personas adultas mayores: implicaciones para estudios gerontológicos. En *Memoria del XX Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud*. Universidad de Costa Rica.

2. Asistencia a congresos y simposios

- 2.1.1. 66th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine. Orlando, FL, USA, 2019.
- 2.1.2. 1st International Symposium of Advanced Topics in Exercise Physiology, Baja California, México, 2017.
- 2.1.3. 64th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine. Denver, CO, USA, 2017.

- 2.1.4. VI Congreso Iberoamericano en Psicología del Deporte, San José, Costa Rica, 2016.
- 2.1.5. Curso “Métodos de Evaluación en la Educación Superior”. Universidad Nacional, 2016.
- 2.1.6. Curso “Buenas Prácticas Clínicas” de la Maestría Interuniversitaria en Bioética, Universidad Nacional, aprobado por el Consejo Nacional de Investigación en Salud (CONIS), 2015.
- 2.1.7. Curso “Metodología de la Investigación”, Universidad Nacional, 2015.
- 2.1.8. V Congreso Internacional sobre Rendimiento Deportivo “Manejo Integral y Tecnologías del Entrenamiento Deportivo”, Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, Universidad Nacional, 2015.
- 2.1.9. Expositor: “IMC Predice más Efectivamente la Calidad de Vida en Jubilados Universitarios”. XXI Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, Ejercicio y la Salud, Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, 2015.
- 2.1.10. Curso “Docencia Universitaria: Buenas Prácticas Docentes”, Universidad Nacional, 2014.
- 2.1.11. Expositor: “Variabilidad en las Respuestas al SF-36 en Personas Adultas Mayores: Implicaciones para Estudios Gerontológicos”. XX Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, Ejercicio y la Salud, Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, 2014.
- 2.1.12. VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Cáceres, España, 2014.

3. Manuscritos en preparación o enviados a revisión

- 3.1.1. **Solano-Mora, L.**, Salazar-Villanea, M., Ortega-Araya, L. E., Valdivieso-Mora, E., Johnson, D. K., Moncada-Jiménez, J. Differences in health and fitness in urban and rural Costa Rican elderly. En preparación.
- 3.1.2. Campos Salazar, C., **Solano Mora, L.**, Salazar-Villanea, M., Ortega-Araya, L. E., Johnson, D. K., Chacón-Araya, Y., & Moncada-Jiménez, J. Sleep Quality in Costa Rican Urban and Rural Older Adults. Enviado a revista nacional.

- 3.1.3. Campos-Salazar, C., Chacón-Araya, Y., **Solano-Mora, L.**, Brenes Camacho, G., & Moncada-Jiménez, J. Normative values for anthropometric, adiposity, and handgrip strength in Costa Rican adults aged 53 to 110 yrs. old. Enviado a revista nacional.