



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA DEPORTES Y
RECREACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA MOTRICIDAD HUMANA

EFFECTOS DE EJERCICIOS DE FUERZA Y AERÓBICOS EN EL ESTADO COGNITIVO
EN ADULTOS MAYORES.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
MOTRICIDAD HUMANA

AUTOR: HUMBERTO EUGENIO CASTILLO QUIZADA

PROFESOR GUÍA: EDGARDO MOLINA SOTOMAYOR

SANTIAGO DE CHILE, FEBRERO DE 2019



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA DEPORTES Y
RECREACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA MOTRICIDAD HUMANA

EFFECTOS DE EJERCICIOS DE FUERZA Y AERÓBICOS EN EL ESTADO COGNITIVO
EN ADULTOS MAYORES.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS DE LA
MOTRICIDAD HUMANA

AUTOR: HUMBERTO EUGENIO CASTILLO QUEZADA

PROFESOR GUÍA: EDGARDO MOLINA SOTOMAYOR

SANTIAGO DE CHILE, FEBRERO DE 2019

Autorización Diumce.

HUMBERTO EUGENIO CASTILLO QUEZADA

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a mi esposa Luz Marie por su paciencia, cariño y apoyo incondicional; a mis dos hijos entrañables, Rodrigo y Pablo por ser inspiradores y darme siempre su confianza, apoyo y fuerza para continuar en este proceso de obtener este gran anhelo de mi formación profesional.

Agradecimientos

Agradezco a mi Profesor Guía Dr. Edgardo Molina Sotomayor quien con su experiencia, conocimientos, profesionalismo y motivación me oriento en la investigación. A los profesores y Amigos Claudio, Cristian, Sergio, Manuel y Romina, por sus consejos, apoyo y sobre todo, amistad brindada en todos los momentos que lo necesité.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

Humberto Eugenio Castillo Quezada

ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	1
Capítulo I. Planteamiento del Problema	5
Capítulo II. Objetivos de la Investigación y Justificación.....	18
2.1. Justificación del Estudio	18
2.2. Objetivos del Estudio.....	23
2.3. Hipótesis	23
Capítulo III. Marco Teórico.....	25
Capítulo IV. Marco Metodológico	40
4.1. Enfoque filosófico de la investigación	40
4.2. Diseño de Investigación.....	41
4.3. Criterios de inclusión y exclusión.....	43
4.3.1. Criterios de inclusión.....	43
4.3.2. Criterios de exclusión	44
4.4. Tamaño muestral.....	44
4.4.1. Esquema de reclutamiento de la muestra.	45
4.5. Característica de los grupos en comparación al inicio de la investigación.....	46
4.6. Aspectos éticos, descripción de instrumentos y condiciones de aplicación	48
4.7. Descripción, condiciones de aplicación de los test e instrumentos de medición.....	48
4.7.1. Test Cognitivo Minimental (MMSE)	48

4.7.2. Aplicación de la Prueba inmunométrica quimioluminiscente marcada enzimáticamente, de fase sólida.	53
4.7.3. Test para estimar la capacidad aeróbica Six Minute Walk Test.....	54
4.7.4. Test de Fuerza Muscular.....	54
4.7.5. Medición de la Fuerza Muscular de Brazos y de Piernas.....	55
4.7.6. Evaluación Estado Aeróbico	56
4.8. Variables del estudio.....	58
4.9. Aplicación de programa aeróbico y fuerza	59
4.9.1. Período de adaptación.....	59
4.9.2. Descripción de la intervención para cada grupo.....	61
4.10. Proceso estadístico	65
Capítulo V. Presentación De Resultados y Discusión.....	67
5.1. Resultados	67
5.1.1 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO ₂ máx.), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Pre-test. 67	
5.1.2 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO ₂ máx.), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Post test.....	68

5.1.3. Comparación Intragrupo pre y posttest de la capacidad aeróbica (VO2máx), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1).	70
5.1.4. Comparación Intergrupo de los puntajes totales del estado cognitivo (MMSE) y de las funciones ejecutivas y Pre test.	72
5.1.5. Comparación intergrupo dimensiones ejecutivas del estado cognitivo (MMSE) Post test.	74
5.1.6. Comparación intragrupo de las dimensiones ejecutivas del Minimental Test y sus respectivas dimensiones del pre y post test.	75
5.2. Discusión	76
Capítulo VI. Conclusiones y Proyección.	98
6.1. Conclusiones	98
6.2. Proyecciones.	100
Referencias Bibliográficas.	I
Anexos.	X

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis intragrupo del consumo máximo de oxígeno pre y post intervención ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) Grupo Aeróbico.....	79
Gráfico 2. Estado cognitivo (pts.) pre y post intervención GE1 (A) y GE2 (B).	87
Gráfico 3. Concentración de IGF -1 o somatomedina ($\text{ng} \cdot \text{ml}^{-1}$) pre y post intervención GE1 (A) y GE2 (B).	89
Gráfico 4. Cambios en la fuerza máxima estimada para MMSS.....	91
Gráfico 5. Cambios en la fuerza máxima estimada para MMI.....	91
Gráfico 6. Relación entre la fuerza muscular (RM estimada) y el estado cognitivo (MMSE) .	93
Gráfico 7. Relación entre la fuerza muscular (RM estimada) y el factor de crecimiento insulínico (IGF-1).....	95
Gráfico 8. A-B. Relación entre los % de cambio del RM en la fuerza muscular MMSS – MMII e IGF-1.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño Cuasi-experimental de la investigación.	41
Tabla 2 Datos iniciales generales grupos muestrales, según: edad, índice de masa corporal (IMC), C. IPAQ y años de escolaridad.....	46
Tabla 3 Características descriptivas de la muestra final, (n=44), en relación a características antropométricas, desempeño físico y desempeño cognitivo	47
Tabla 4 Presentación de las variables. Definición conceptual y operacional	58
Tabla 5 Programa de Ejercicios de Contra Resistencia Fuerza Muscular.	62
Tabla 6 Programa de Ejercicio Aeróbico.	64
Tabla 7 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO ₂ máx.), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Pre-test.	68
Tabla 8 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO ₂ máx), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Post test.	70
Tabla 9 Comparación Intragrupo pre y posttest de la capacidad aeróbica (VO ₂ máx), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1).	72
Tabla 10 Comparación Intergrupo de los puntajes totales del estado cognitivo (MMSE) y de las funciones ejecutivas y Pre test.....	73
Tabla 11 Comparación intergrupo dimensiones ejecutivas del estado cognitivo (MMSE) Post test.....	75

Tabla 12 Comparación intragrupo de las dimensiones ejecutivas del Minimental Test y sus respectivas dimensiones del pre y post test.	76
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado	X
Anexo 2. Autorización DIDECO	XVII
Anexo 3. Test IGF-1	XVIII
Anexo 4. Autorización Comité de Ética	XIX
Anexo 5. Evidencias Fotográficas	XXIII

Resumen

El objetivo de esta investigación fue conocer los efectos de dos tipos de entrenamiento físico sobre las funciones ejecutivas asociadas al estado cognoscitivo y el efecto sobre un mediador fisiológico de la hormona del crecimiento en mujeres mayores.

El estudio cuasi-experimental consideró 12 semanas de entrenamiento a dos grupos con ejercicios de contra resistencia muscular y de ejercicios aeróbicos. En una población de 113 mujeres de $69,39 \pm 6,48$ años pertenecientes a la comuna de Talcahuano, asignadas aleatoriamente. Se empleó el test MINIMENTAL para examinar las funciones ejecutivas del estado cognitivo y la concentración sanguínea de IGF-1 para examinar los factores neurotróficos. Para la valoración de la condición física, se empleó un test indirecto para la máxima masa desplazada en una repetición (1RM) por las extremidades y la prueba TM6 para la estimación del consumo máximo de oxígeno.

Los resultados obtenidos evidenciaron, diferencias entre los grupos respecto del puntaje total obtenido en el test MINIMENTAL ($GE_1 = 28,13 \pm 2,26$; $GE_2 = 28,57 \pm 1,83$ y $GC = 23,47 \pm 2,80$; ANOVA; $p = 0,000$). Un análisis post-hoc, reveló que no existieron diferencias significativas al examinar individualmente las funciones ejecutivas entre los grupos (Bonferroni; $p > 0,05$). Se registró además un aumento del factor neurotrófico IGF-1 en los grupos entrenados (GE_1 $p = 0,014$ y GE_2 $p = 0,005$). La diferencias pre post test de mayor magnitud se registraron en el grupo de entrenamiento que desarrolló ejercicios de contraresistencia ($TE = 0,9$; 20,41% de cambio), concluyendo que ambos entrenamientos producen una mejora general de las funciones ejecutivas asociadas al estado cognitivo y aumentan las concentraciones sanguíneas del IGF-1 en adultas mayores.

PALABRAS CLAVE: Adulto Mayor, Capacidad Aeróbica, Fuerza Muscular, Estado Cognitivo.

Abstract

The objective of this investigation was to know the effects of two types of training programs on the executive functions associated to the cognitive state and the effect on a physiological mediator of the growth hormone in older women.

The quasi-experimental study considered 12 weeks of training of muscular resistance and aerobic exercises. The population consisted of 113 women of 69.39 ± 6.48 years living in Talcahuano which were randomly assigned to different groups. The MINIMENTAL test was used to examine the executive functions of the cognitive state and the blood concentration of IGF-1 was used to examine the neurotrophic factors. In order to measure the physical condition the maximum mass displaced in a repetition was used as well as the TM6 test for the estimation of the maximum oxygen consumption.

The results obtained showed differences between the groups as to the total score obtained in the MINIMENTAL test ($GE1 = 28.13 \pm 2.26$, $GE2 = 28.57 \pm 1.83$ and $GC = 23.47 \pm 2.80$, ANOVA; $p = 0.000$). A post-hoc analysis revealed no significant differences when examining individual executive functions between groups (Bonferroni, $p > 0.05$), but an increase in the IGF-1 in the trained groups ($GE1 p = 0.014$ and $GE2 p = 0.005$).

Significant differences between pre and post tests were found within the counter-resistance exercise group ($TE = 0.9$, 20.41% change). In conclusion, both modalities produce an improvement of the executive functions associated with the cognitive state and increase the concentrations of IGF-1 in older adults.

KEYWORDS: Older Adult, Aerobic Fitness, Muscular Strength, Cognitive State.

Introducción

“Si hubiese sabido que iba a vivir tanto, me hubiese cuidado más...”

Eubie Blake (1883-1983)

El envejecimiento de la población mundial se caracteriza por las bajas tasas de fecundidad, natalidad, mortalidad y por el aumento de las expectativas de vida (Bravo, 2015). Para el año 2050 se prevé que una quinta parte de la población mundial será mayor de sesenta años (Blondell, Hammersley-Mather, & Veerman, 2014), lo cual acarrea la expansión de enfermedades crónicas y de carácter degenerativo propias de la vejez, que pueden llevar a la invalidez a las personas que las padecen (Albala, Sánchez, Lera, Angel, & Cea, 2011). Además, el envejecimiento de la población va de la mano con el desmejoramiento de la calidad de vida, pues como mencionan los estudios de Perez, Fernández, and Gili (2013), los trastornos mentales y el deterioro cognitivo constituyen una de las principales causas de discapacidad, incapacidad y reducción de dicha calidad de vida en los adultos mayores. Es importante destacar que dentro de los trastornos cognitivos, la demencia senil es la que produce mayor discapacidad y dependencia.

Chile no se encuentra ajeno a estas problemáticas, ya que el envejecimiento de su población es un hecho comprobado (Bravo, 2015), y al igual que en otros lugares, esta condición implica el aumento de enfermedades crónicas no transmisibles en los adultos mayores, con las correspondientes consecuencias para su calidad de vida.

Tal como se señaló, existe una preocupación creciente de esta situación, especialmente en los países más desarrollados, no así en Latinoamérica, a pesar de que las patologías anotadas tienen una alta incidencia en la salud pública de los países; frente a este problema, la evidencia científica revela que es posible prevenir y o retrasar la aparición o los efectos de estas enfermedades con adecuados tratamientos preventivos, entre los cuales destaca la actividad física controlada o ejercicio, con la ventaja de que se trata de una solución de bajo costo en la tarea de mejorar la calidad de vida de estas personas.

En Chile, la investigación aún es incipiente, sobre todo en la insistencia de establecer políticas públicas claras que consideren al ejercicio como una herramienta esencial para

combatir enfermedades de diversos tipos que trae la inactividad y que afectan doblemente a la población mayor. Es por ello que el objetivo de esta investigación es:

Conocer la efectividad de un programa de entrenamiento para adultos mayores basado en dos tipos de ejercicios: Uno de contra resistencia de una carga externa cuantificada individualmente y otro de un programa del desarrollo de la capacidad aeróbica. Luego, los resultados se relacionaron con el estado cognitivo de las personas de la muestra. Para ello se trabajó con dos grupos intervenidos frente a otro no intervenido. De ahí se establecieron comparaciones respecto a las ganancias de cada uno: el que trabajó con ejercicios de contra resistencia, el que realizó el trabajo aeróbico y el grupo no intervenido.

El estudio se llevó a cabo en una población de 113 mujeres mayores de la comuna de Talcahuano, con una muestra no probabilística de 63 mujeres mayores de 60 años, divididas en tres grupos equivalentes en condición física. Con 20 personas en cada uno de los grupos experimentales y 23 individuos en el grupo control.

El estudio se enmarcó en una investigación de diseño cuasi- experimental con pre y post prueba. Se usó un programa paralelo y diferenciado de intervención para cada uno de los grupos experimentales:

- El GA Ejercicios Aeróbicos.
- El GF Ejercicios de Contra Resistencia (Fuerza)
- El GC Grupo Control no recibió intervención alguna. Sólo se evaluó al inicio y al término de la investigación.

Para medir la fuerza, se utilizó el cálculo de 1RM de acuerdo método indirecto de protocolo de Hardman (1996) . Para valorar el estado aeróbico, se tomó la prueba de los “Seis Minutos de Marcha para Mujeres” (Rikli & Jones, 2013) y para medir el Estado Cognoscitivo de los sujetos se utilizó el “Mini Mental State Examination-Folstein”, validado en Chile por Quiroga L (2004); además, para complementar con mayor evidencia empírica los resultados obtenidos se midió en los tres grupos al inicio y al término del experimento, el nivel basal del IGF1 (Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1). El IGF-1, que está asociado al envejecimiento

del sistema nervioso central, es decir, las concentraciones en la sangre disminuyen al entrar el ser humano en la edad tardía, provocando bajas en la acción de otras proteínas, responsables de importantes procesos cognitivos como la neurogénesis, densidad vascular, utilización de la glucosa, pérdida del BDNF, etc. cuya función está relacionada a los procesos cognitivos en el ser humano. Más adelante se ahondará en las particularidades y funciones del Factor del Crecimiento Insulínico.

El experimento se prolongó por 12 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de tres veces por semana en días alternos (lunes, miércoles y viernes) en sesiones de 60 minutos (OMS, 2010). Con el fin de homogeneizar la muestra se aplicó una evaluación inicial a todos los grupos; luego, a los dos grupos experimentales se les aplicó una serie de ejercicios de carácter general durante dos semanas antes de iniciar el experimento con el objeto de manejar la técnica de los ejercicios, conceptos claves del entrenamiento físico, toma de frecuencia cardiaca por minuto y la escala de autopercepción del esfuerzo.

Cabe destacar que la mayoría mujeres participantes no habían formado parte de un programas de actividad física, aun así, se reflejó una buena adherencia al programa investigativo.

El plan de análisis propuesto para la investigación permitió dar cuenta de los objetivos generales y específicos y las respectivas hipótesis, según los contrastes necesarios definidos por la investigación para las variables en estudio.

En primer lugar, se determinó la normalidad y la homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas). La primera se estableció mediante el “Test de Shapiro–Wilk” y la homocedasticidad se fijó por el test de Levene. Posteriormente, se describen las variables de las muestras utilizando los siguientes estadísticos descriptivos: La media, la desviación estándar para variables continuas y un intervalo de confianza para la media (IC 95%), considerando el total de la población evaluada, separada en los grupos recién descritos.

Una vez realizada la presentación descriptiva de la población evaluada se dio inicio a la dimensión comparativa del análisis. La decisión metodológica fue la utilización de estadísticos paramétricos en los tres grupos investigados. Se aplicó el estadístico de Anova de una vía en muestras independientes, para determinar diferencias entre los grupos. Dicho análisis

fue complementado luego con un análisis “post-hoc” empleando para ello la prueba de Bonferroni.

En una segunda etapa de la dimensión comparativa, que comprende las confrontaciones intragrupo (pre-post), se buscó determinar la presencia de diferencias significativas en las medidas de cada grupo al finalizar la intervención; el estadístico utilizado para estos fines fue la prueba de T de Student. El nivel de significación para ambas pruebas fue de 5%.

Para establecer la magnitud de las diferencias intragrupos al finalizar el experimento, se determinó el valor del tamaño del efecto mediante el estadístico de Cohen (Cohen, 1988), que permite cuantificar la magnitud del efecto de las intervención sobre las variables dependientes. Finalmente, para complementar el análisis intergrupo se aplicó “un Eta al cuadrado (η^2), prueba que estableció la magnitud de las diferencias entre los grupos para cada variable.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 23.0 (Inc, 2008). Para los abordajes experimentales, se consideró como diferencias estadísticamente significativas un valor de $p < 0,05$.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

El envejecimiento de la población en el mundo ha aumentado significativamente, transformándose en una característica demográfica en los países desarrollados (Herrera, 2011). De acuerdo a un informe del Ministerio de Salud, que recoge datos de la Organización Mundial de la Salud, la población mundial de 60 años o más “alcanza los 650 millones de personas, y se calcula que en el año 2050 llegará a los 2000 millones”. (2014, p.14). Aunque Chile es un país en desarrollo, no es ajeno a este fenómeno, ya que según datos entregados por el Banco Mundial (Madathil & Saatman, 2015) el promedio de esperanza de vida en la población, alcanza el 79,57 años, con lo cual sitúa al país en segundo lugar en Latinoamérica, después de Costa Rica. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas se proyecta para el año 2020, una expectativa de vida de las más altas del mundo. Asunto que corroboran la información disponible. Así en los últimos 30 años, según datos entregados por el Servicio Nacional del Adulto Mayor y el Ministerio de Desarrollo y Planificación (SENAMA-MIDEPLAN, 2009), Chile ha presentado un incremento en el proceso de envejecimiento de su población sin precedentes. En la década del '70 el número de personas mayores a 60 años representaba sólo el 8 % de la población; en 2002 ya alcanzaba el 11,4 %; el 2006 el 13%; de acuerdo a proyecciones estadísticas, al año 2025 el segmento de personas mayores a los sesenta años, alcanzará alrededor de 3.825.000 personas (SENAMA-MIDEPLAN, 2009) lo que representará el 20% de la población total del país. En relación al área de la muestra, un informe del Servicio Nacional del Adulto Mayor en el año 2015 establece que la densidad de la población de adultos mayores en la Octava Región, es de un 15.6% (389.191 personas por sobre los sesenta años), cifra por sobre al porcentaje promedio de este grupo etario en el país.

Un estudio publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2011), estimaba que para el año 2015, el 15% del total de la población Chilena será mayor de 60 años y que para el año 2020 será de un 17,6 % fenómeno que definitivamente provocará un cambio demográfico y epidemiológico, con una clara disminución de enfermedades infecciosas y un aumento de las enfermedades crónicas no transmisibles. De esta manera, el cambio demográfico, si bien es cierto ha mejorado las expectativas de vida en la

población de adultos mayores en el mundo, ha traído consigo una epidemiología definida por enfermedades crónicas no transmisibles

A partir de este cuadro del aumento exponencial del envejecimiento de la población, Chile inicia, ya en los '90, un diseño de políticas públicas y acciones dirigidas a este grupo de personas (Ministerio de Salud, 2014). En este siglo el Ministerio de Salud (2014, p. 16) establece el siguiente objetivo específico, “mejorar el estado funcional de las personas mayores”. Análogamente, el Servicio Nacional del Adulto Mayor y el Ministerio de Planificación Nacional (SENAMA-MIDEPLAN, 2009) define la “Política Integral de Envejecimiento Positivo 2012-2025” que se constituye como un intento de responder a las necesidades de este segmento de la población. También el instrumento fija, para el período, tres objetivos estratégicos que permitan identificar los factores de riesgo y causas de pérdida de dependencia y autonomía:

- 1.-Proteger la salud funcional de las personas mayores.
- 2.-Mejorar la Integración de las personas mayores a los distintos ámbitos de la sociedad
- 3.-Incrementar los niveles de bienestar subjetivos de las personas mayores.

Constituyendo además dos pilares fundamentales para llevar a cabo sus objetivos estratégicos:

- a) Establecer un Plan de Rehabilitación que apunte al mejoramiento de las capacidades motoras del adulto mayor.
- b) Un plan de demencia que permita identificar el grado de deterioro cognitivo, para luego realizar acciones para disminuir el avance de las enfermedades neurodegenerativas y cuando este avance se torne irre recuperable dar apoyo a familiares o a su comunidad.

A pesar de las buenas intenciones de esta mirada integradora y preventiva en las enfermedades del adulto mayor, no ha sido fácil instalar lo que los organismos ofrecen. Esfuerzos se han hecho, por ejemplo, hace más de 20 años que el Ministerio de Salud instala el “Programa de Control del Adulto Mayor”, que consistía en una “Evaluación Funcional” (EFAM) de las personas mayores a 65 años. Posteriormente a este control se le incorporaron mediciones antropométricas, evaluaciones de redes de apoyo, riesgo de caídas, trastornos de

ánimo, sospecha de maltrato (Ministerio de Salud, 2014) y así se constituye al “Examen de Medicina Preventiva” (EMPAM). Este permitió clasificar a los adultos mayores en riesgo e implementar acciones preventivas o de rehabilitación. Estos programas y sistemas son parte del régimen de Garantías Explícitas en Salud, conocida hoy como GES (MINSAL, 2008). Al que se suman iniciativas como los Talleres de Prevención de Caídas (implementados a partir del 2010 el Servicio Nacional de Salud). Además, se entrega capacitación a equipos de Atención Primaria en Salud integral de personas mayores. Así mismo se debe mencionar los Programas del Adulto Mayor del MINSAL que se encargan de crear un sistema continuo de cuidados en red para la atención de salud de adultos mayores y fomentar la integración social y de autovalencia de ellos. Aún más, destaca la preocupación por realizar coordinaciones intersectoriales desde el SENAMA. Anteriormente, a partir del año 1998, se inició un programas de alimentación complementaria para el adulto mayor (PACAM), que dicho sea de paso es el programa que ha tenido la mayor adherencia. En efecto, en un estudio realizado por el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile en la comuna de Santiago, demostró una alta aceptación por parte los adultos mayores beneficiados con este programa, sin embargo aún no se ha realizado un estudio global, que permita conocer los resultados a nivel nacional.

A pesar del esfuerzo anotado, como ya se remarcó, en la práctica ha resultado difícil llevar a cabo estos programas, ya que de acuerdo a información entregada por el Departamento de Estadística e Información en Salud, los diversos programas tiene una cobertura que no va más allá del 41% de los adultos mayores del país (Albala et al., 2011).

En suma, y la vista de los resultados, tanto el MINSAL como el SENAMA (Ministerio de Salud, 2014; SENAMA-MIDEPLAN, 2009) no han logrado el impacto esperado con las diferentes políticas públicas que han implementado, pues evidencian debilidad de cobertura frente a una población que aumenta exponencialmente como hemos visto, y donde sus condiciones de vida no son óptimas. Siempre se piensa en poblaciones ideales, sin tomar en consideración los contextos socioeconómicos en que ellas se desenvuelven. Es decir, es necesario contextualizar absolutamente los programas del estado. Así, y en mrelación a la muestra con que trabaja esta investigación, los programas debiesen considerar que las mujeres mayores son las que sufren los niveles más bajos de pobreza de la población chilena, de acuerdo

a datos entregados por encuesta CASEN 2011, el 9,7% de la población de adultos mayores viven en estado de privación económica severo. De ahí que toda intervención no puede pasar por alto dicha circunstancia.

Ahora, en lo concerniente al cuadro epidemiológico de este grupo etario en Chile, los resultados no son alentadores. De acuerdo a un estudio realizado por el SENAMA-MIDEPLAN (2014) en relación a calidad de vida y vejez en adultos mayores, se indican los siguientes resultados: Hipertensión arterial 64,5% ; Colesterol alto 35 %; Artritis osteoartritis o reumatismo 33,1%; Diabetes 26,7%; Cardiopatías 14,3%; Cataratas 13,6%; Enfermedad pulmonar crónica 12,2%; Úlceras de estómago 11.0 %; Demencia senil 7%; Fractura de cadera 5.8%; Derrame cerebral o enfermedad vascular cerebral 4,7 %; Cáncer o tumor maligno 4.6 %; Enfermedad de Parkinson 2.0 %. (Gutiérrez, Campos, Aguilera, Abusleme, & Causa, 2014).

Ya se anotó que las políticas de atención integral de las personas mayores, tanto del Ministerio de Salud y el Servicio Nacional del Adulto Mayor, ponen especial atención en la promoción de la autovalencia, autonomía y prevención de la dependencia, (Ministerio de Salud (2014)) . Sin embargo, la disminución de la capacidad motora y el deterioro cognitivo constituyen uno de los cuadros más invalidantes en la vejez. De ahí el interés de esta investigación por esas problemáticas. El proceso de envejecimiento biológico del ser humano, es evidente, trae consigo una disminución en las capacidades corporales, aquejando en especial al sistema neuromuscular y cardiovascular. Lo que trae, como consecuencia directa, un deterioro de la capacidad para realizar actividades de la vida cotidiana, causada por la disminución de la fuerza muscular. Un fenómeno que se asocia a las limitaciones funcionales en el adulto mayor (Cadore, Pinto, Bottaro, & Izquierdo, 2014). Se suma a esta tendencia la pérdida progresiva de la memoria que pasa a ser uno de los temas de preocupación en la sociedad actual. Según Marín (2016, p. 48), “Las patologías agudas y crónicas no transmisibles, de no ser manejadas oportunamente, tienden a producir limitaciones funcionales-motoras que les hacen dependientes de otros en su cuidado diario”. Las enfermedades neurodegenerativas como la Demencia Senil, el Alzheimer y el Parkinson resultan representativas a la hora de realizar un análisis de su efecto respecto a la limitación de la autovalencia que produce en las personas que la padecen y a los graves problemas en su ambiente familiar y su entorno inmediato que generan

(Alvear Idrovo, 2015). Las cifras son alarmantes, alrededor del 7 % de las personas mayores de 65 años en Chile presentan algún tipo de demencia, aumentando a un 13 % a partir de los 75 años y en personas mayores de 85 años llega hasta un 36,2% (Díaz, 2015).

Frente a lo anterior, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) plantea como una necesidad prioritaria que los diversos países cuenten con programas que atiendan a este grupo etario y fijen su atención en la demencia senil. En este contexto, Chile, al igual que en los casos tratados, y como política de estado, desarrolla programas de acción para prever estos trastornos neurodegenerativos (Gajardo & Abusleme, 2016). De acuerdo a datos entregados por el Sistema de Salud Pública de Chile (Becerril-Montekio, Reyes, & Manuel, 2011), del total de las personas tratadas por enfermedades mentales en nuestro país, el 53% corresponde a mujeres mayores. Ahora, en general, se da una prevalencia de un 60% de mujeres contra un 40% de hombres. Importa considerar que el examen tiene una cobertura del 41% de toda nuestra población de adultos mayores, por ende, existe la necesidad absoluta de implementar una política que haga extensiva el examen al 100% a esta población.

Claramente mejorar la salud en este grupo, es un problema complejo, no obstante, en muchos de estos casos es posible mejorar la situación, cambiando ciertos estilos de vida, tales como optimizar los hábitos alimentarios, superar el tabaquismo, evitar el consumo excesivo de alcohol y también la automedicación y por otro lado, incrementar la actividad física (Albala et al., 2011; Gallego, Hernández, Reigal, & Juárez).

Y aquí empieza a aparecer el punto esencial que sustenta el presente estudio. Quizás no sea necesario anotar, por sabido, que la actividad física mejora la salud y genera cambios fisiológicos positivos a nivel general del organismo y reduce el riesgo de enfermedades no transmisibles. Lo que sí importa señalar es que se alcanzarán resultados superiores si la actividad física se realizara de manera permanente y progresiva (Powell, Paluch, & Blair, 2011). Así mismo Franco-Martín, Parra-Vidales, González-Palau, Bernate-Navarro, and Solis (2013) develan que “ la actividad física está siendo reconocida como un factor altamente protector de las funciones cognitivas en el envejecimiento, y se establece, en la actualidad, como una estrategia psicosocial prometedora para la protección de las facultades cognitivas”.

Por lo tanto, a la luz de la evidencia científica, aumentar el ejercicio a niveles controlados mejorará la calidad de vida de las personas, en especial en las personas mayores. Y sobre esto se fundamenta la presente investigación.

Vistos los datos (Albala et al., 2011; Becerril-Montekio et al., 2011; Franco-Martín et al., 2013; Powell et al., 2011) que avalan las referencias nacionales e internacionales y que revelan la magnitud del fenómeno del envejecimiento y de las patologías asociadas, se profundizará ahora en lo tratado hasta aquí:

La literatura actual muestra que el ejercicio puede atenuar el deterioro cognitivo y reducir el riesgo de demencia (Ahlskog, Geda, Graff-Radford, & Petersen, 2011). Junto a ello, se ha comprobado un aumento significativo de la materia gris en el hipocampo en aquellos adultos mayores que poseían una mejor condición física (Kirk I. Erickson et al., 2011). En el mismo artículo, los autores plantean que los factores neurotróficos del cerebro mejoran con la actividad física. Incluso juegan un rol neuroprotector que atenúa el riesgo de accidentes cerebrovasculares, incluyendo aquellos casi imperceptibles que son, en el fondo, pequeños pasos y en ocasiones pasos agigantados hacia la demencia senil.

Existe evidencia empírica que demuestra lo anterior. Así en un estudio realizado en la Universidad de Pittsburgh, Estados Unidos con 120 adultos mayores sometido a entrenamiento aeróbico se demostró que la práctica del ejercicio aumentaba hasta el 2% del tamaño del hipocampo revirtiendo la pérdida de memoria por la edad (Kirk I Erickson, Miller, Weinstein, Akl, & Banducci, 2012).

En consecuencia, la actividad física aparece como una alternativa posible, alentadora y de bajo costo y dotada de un enorme potencial preventivo de las patologías asociadas al envejecimiento. Desgraciadamente, y de acuerdo a datos entregados en el Examen de Medicina Preventiva de Adulto Mayor, (Ministerio de Salud, 2014), sólo el 7 % de la población de adultos mayores en Chile realiza actividad física. Por lo tanto, debiese ser una tarea-país incorporar a este grupo de la población en la práctica de ejercicios físicos.

Se ha demostrado, también, que en adultos mayores aquejados de depresión, el ejercicio físico, tanto aeróbico como de fuerza, posee un efecto positivo sobre la salud psicológica y el

comportamiento social de los y las pacientes (Schuch, Vasconcelos-Moreno, & Fleck, 2011). En consecuencia, se podría decir, sin temor a exagerar, que la actividad física es la medicina del adulto mayor. Así, y en relación a lo que se está tratando, realizar trabajos grupales implica acceder a mayores niveles de sociabilidad. Y la práctica social, lo dice la evidencia, disminuye las posibilidades de sufrir enfermedades depresivas. Villada, Vélez, and Baena (2013), en una revisión sistemática de once estudios que alcanzan una población total de 7.195 personas mayores de 65 años y diagnosticados con depresión, concluyen que el ejercicio provocó una mejoría de los pacientes. Los mejores resultados se consiguen en plazos relativamente cortos (8 a 12 semanas) y con trabajos de fuerza de alta intensidad. Junto a lo anterior se debe considerar un beneficio asociado: realizar actividad física en compañía de pares es más atractivo que consumir medicamentos farmacológicos en solitario.

En suma, es sabido, pero se hace necesario insistir en relación a los objetivos de la tesis, que realizar actividad física sistematizada, controlada y permanente, desde un nivel moderado a vigoroso con actividades aeróbicas y de fortalecimiento muscular garantiza altos beneficios para la salud (Taylor, 2014). Y, una cuestión central, es que distintas pruebas científicas realizadas con diferentes poblaciones revelan que la actividad física mejora la memoria y el aprendizaje no sólo en personas jóvenes sino también en edades avanzadas (Intlekofer & Cotman, 2013).

En este sentido, como ya se apuntó anteriormente, se hace necesario y urgente implementar programas contextualizados de ejercicio físico para los adultos mayores, ya que no sólo trae beneficios en el estado de su funcionalidad física y psicológica del sujeto, sino que constituye una alternativa de bajo costo para la prevención de enfermedades invalidantes como las neurodegenerativas convirtiéndose por lo tanto en un poderoso método para mejorar la salud del cerebro (Kirk I Erickson, Gildengers, & Butters, 2013).

En el mundo ocurren alrededor de 3,2 millones de muertes en el año por la inactividad (Taylor, 2014). En los países donde han aumentado las enfermedades crónicas no transmisibles se puede establecer una relación directa con la disminución en niveles de actividad física. Es más, estas enfermedades, han generado un serio deterioro en la calidad de vida en la población y en especial en el grupo etario que interesa a esta tesis.

El problema tiene múltiples aristas, entre ellas el incremento en el gasto de la salud pública (Gutiérrez et al., 2014), ya que la tendencia de las diversas sociedades ha sido resolver el problema del envejecimiento con tratamientos farmacológicos, pues para el pensamiento colectivo la tercera edad es sinónimo de enfermedad y por lo tanto debe ser tratado en una consulta médica. Lo que lleva, como lo plantea Pont & Carrogio (2007), a la comercialización del estado de estas personas, pues la única alternativa que se ofrece a las patologías que sufren son las consultas médicas y los fármacos. El envejecimiento normal del cerebro va acompañado de un proceso de pérdida de conexiones sinápticas, fenómeno conocido como poda neuronal que desencadena enfermedades neurodegenerativas, entre ellas la demencia senil, a pesar de las intensas investigaciones en el área de la farmacología, hoy ningún medicamento ha demostrado disminuir el riesgo +de padecer una de estas enfermedades (Ahlskog et al., 2011).

En contraste, Kirk Erickson et al. (2012), revelan que la actividad física podría ser un método de bajo costo, para el mantenimiento y fortalecimiento de la función cognitiva, pero se debe investigar para encontrar cuales son los sistemas de entrenamientos más efectivos para la atención de esta población; en la misma dirección es necesario insistir en que la ejercitación física.

En Chile mantener los programas sociales de salud para adultos mayores alcanzó un costo de los 1.214 millones de dólares el año 2012. La proyección de esta cifra al año 2020 indica que ella aumentaría en un 33,17% (Matus-López & Cid Pedraza, 2014). Es necesario destacar que el costo no sólo sería para el Estado sino también para las familias. En esta dirección es necesario insistir en que el ejercicio físico tiene un efecto neuroprotector que podría reducir significativamente el riesgo de demencia a mediano plazo (Ahlskog et al., 2011). Powell, Paluch y Blair (2011) indican que no cabe duda que la actividad física mejora la salud, pero esta debe darse en forma sistemática y controlada, es decir, debe considerar el tipo, el volumen, la intensidad o la frecuencia del ejercicio. La actividad física así realizada, es decir, como ejercicio, generará cambios fisiológicos y por lo tanto se obtendrán efectos positivos para la salud del sujeto. En este sentido, Eduardo L Cadore et al. (2014) aseguran que tanto los ejercicios de fuerza como aeróbicos mejoran las adaptaciones neuromusculares y las adaptaciones cardiovasculares. Por un lado, las adaptaciones neuromusculares provocan un aumento en la fuerza al mejorar el reclutamiento de las fibras musculares. Por su parte, los ejercicios aeróbicos

que permite una adaptación generalizada en el mejoramiento cardiovascular y la capacidad para generar energía a través del metabolismo oxidativo. De acuerdo a estos autores, ambas formas de ejercicio son beneficiosas para la salud, en especial para la población de adultos mayores. En general, la literatura asociada muestra que existen diferencias significativas en los resultados de cada tipo de entrenamiento. Sin embargo, se reconoce que ambas formas traen beneficios sustantivos para la salud de las personas que las realizan. Sanchez-Lopez et al. (2018) afirman que las personas que realizan altos niveles de actividad física pareciera que puede influir positivamente en la salud y en la cognición durante toda su vida, también se han encontrado evidencia que el ejercicio aeróbico mejora la cognición y probablemente previene el deterioro cognitivo en las personas mayores, sin embargo, es necesario de más estudios para afirmar con mayor exactitud la asociación de estas variables.

Así, existe evidencia que relaciona los efectos de los ejercicios aeróbicos con la capacidad de cognición de los seres humanos y particularmente en el desarrollo de la memoria y del aprendizaje. Una investigación realizada por Whiteman, Young, Budson, Stern, & Schon (2016) sobre el ejercicio aeróbico y fitness revela su influencia en la corteza encargada de la memoria episódica, autobiográfica, declarativa y espacial. También se ha demostrado que los ejercicios aeróbicos traen efectos beneficiosos para aquellas personas que sufren una enfermedad que provoca deterioro cognitivo denominada síndrome de Cushing (Miulescu et al., 2013). Pero los efectos positivos no se restringen a una enfermedad en particular, pues los ejercicios anaeróbicos cooperan activamente en mitigar el deterioro cognitivo y por lo tanto su práctica previene el riesgo de contraer, por ejemplo, la demencia senil (Ahlskog et al., 2011).

En relación a la fuerza, Jáuregui & Rubin (2012), plantean en un estudio realizado con mujeres, que la disminución de la masa muscular está asociada a bajos niveles de fuerza muscular y movilidad; además este grupo presenta bajos niveles de Factor de Crecimiento Insulínico, IGF-1, respecto de las que no poseían pérdida de masa muscular. El mejoramiento de la fuerza muscular aumentan la velocidad de la marcha y la capacidad de levantarse desde una silla, mejorando la autovalencia y por lo tanto la calidad de vida. Padilla Colon, Sánchez Collado & Cuevas (2014) plantean que la sarcopenia o pérdida de la masa muscular, representa un costo importante en el deterioro de la calidad de vida en el adulto mayor, pues aumenta el riesgo de caídas y fracturas; disminuye la capacidad de realizar actividades de la vida cotidiana;

provoca, por ende, pérdida de independencia, e incluso puede estar relacionada con diferentes niveles de deterioro mental. Este proceso degenerativo, producido principalmente por la inactividad física se le conoce como el síndrome del anciano. Síndrome que se podría prevenir o retardar su aparición e incluso disminuir sus efectos a partir de un programa adecuado ya que este tipo de práctica, en sus diferentes componentes, estimula el desarrollo de la capacidad aeróbica, la fuerza muscular o la potencia muscular, mejora el desarrollo de la masa muscular, provoca el desarrollo de cualidades perceptivo motrices, como las coordinaciones y el control motor. Y, de paso, trae beneficios asociados para la salud neurocebral como muestra la evidencia científica. Se destaca que las investigaciones trabajan fundamentalmente con ejercicios aeróbicos y aún no se han examinado con la misma amplitud los efectos de ejercicios de fuerza (Kirk I Erickson et al., 2012).

Escasas investigaciones han medido la relación entre ejercicios físicos y la cognición en los adultos mayores; una de ellas fue realizada en Shanghái, China, con una muestra significativa de 120 adultos mayores. En donde se reportó que las personas que fueron sometidas a un programa de ejercicio físico a través del Tai Chi, mejoraron sus capacidades cognitivas y aumentaron el tamaño de algunas estructuras neuronales (Yun & Abrahamson, 2015). En un trabajo realizado por López et al. (2014) con una población de mujeres mayores, y sanas, se concluyó que la actividad física practicada en forma regular, mejora la capacidad de procesamiento, retención, y evocación de la información verbal, visual y episódica. Ahora bien, a la luz de la evidencia científica pareciera ser que la actividad física realizada en forma sistemática influye en la farmacología endógena natural del cerebro humano, mejorando el proceso de neuroplasticidad positiva, relacionando este proceso, con el estado de las habilidades cognitivas de las personas de edad avanzada. En una revisión sistemática sobre el efecto del entrenamiento de la fuerza muscular en la función cognitiva de adultos mayores (Yu-Kai, Chien-Yu, Feng-Tzu, Chia-Liang, & Chi-Chang, 2012), se comprobó que este tipo de entrenamiento realizados en programas de alta frecuencia e intensidad con cargas entre el 60 y de 80% de 1RM, provocan cambios significativos en la fuerza muscular de adultos mayores, pero lo más importante es que se detectaron cambios significativos en el aumento de hasta un 20% de IGF-1 después de unas semanas de entrenamiento.

Como se ha venido insistiendo, la actividad física provoca un mejoramiento en los procesos cognitivos del ser humano, especialmente retarda o previene los procesos neurodegenerativos en la vejez. Estudios realizados, específicamente en el área del entrenamiento aeróbico, muestran que los ejercicios de esta naturaleza ayudan a evitar el proceso neurodegenerativo (Ramírez, Vinaccia, & Suárez, 2004). Otros estudios, indican que el ejercicio aeróbico atenúa el riesgo de deterioro cognitivo (Ahlskog et al., 2011). En relación a la población objetivo de esta investigación, un estudio efectuado a 120 personas mayores, demostró que la práctica de ejercicios aeróbicos realizados en las mujeres aumentó el volumen del hipocampo en un 2% revirtiéndose la pérdida de tamaño de esta estructura que provoca la edad (Kirk I. Erickson et al., 2011). Es muy importante mencionar, para sustentar la globalidad de lo hasta aquí tratado, que el mejoramiento del tamaño del hipocampo está asociado al aumento de los niveles de BDNF, que es una proteína mediadora del proceso de neurogénesis y además es un factor protector de aquellas personas que sufren depresión. De esta manera, Ramírez et al. (2004), afirman que la actividad física controlada y sistematizada, es decir, el ejercicio, se constituye en un medio alternativo importante en el tratamiento de las personas que sufren de enfermedades neurodegenerativas. Además resalta que esta práctica tiene una mayor aceptación, entre las personas, que consumir medicamentos o asistir a grupos de apoyo.

Frente a lo anterior, esta investigación se plantea una primera interrogante: ¿Un programa de ejercicios aeróbicos y otro de ejercicios de contra resistencia de fuerza muscular contribuye a mejorar el estado cognitivo y la producción de un mediador fisiológico (IGF-1) en una muestra de mujeres mayores?

De lo anterior nace una segunda inquietud, que es mucho más interesante, pues pareciera a priori que la respuesta a la primera necesariamente será positiva, pues la evidencia así lo revela. En cambio, la misma evidencia es escasa para un ejercicio específico, la fuerza, y sobre todo en Chile. De ahí esta investigación se interese por preguntar: ¿los ejercicios de fuerza en las mujeres de edad avanzada tienen mayores efectos sobre estado cognitivo que los producidos por los ejercicios aeróbicos en un igual período de entrenamiento?

En cuanto a la primera interrogante, se encuentra una extensa evidencia científica (Baker et al., 2010; Bherer, Erickson, & Liu-Ambrose, 2013; Frith & Loprinzi, 2018) que avala que la

práctica regular de los ejercicios aeróbicos en adultos mayores se relaciona con la mejorar de su función ejecutiva, como la atención selectiva y capacidad de memoria de trabajo (Guiney & Machado, 2013).

Por su parte también se ha demostrado que los ejercicios de fuerza juegan un rol importante en la recuperación de masa muscular de los adultos mayores (Guimaraes Pinheiro, 2015; Izquierdo Redín & Casas Herrero, 2012). Pero tan importante como ello, es que estos ejercicios efectuados en forma regular y progresiva y acompañados de una dieta rica en proteínas, aparecen como un factor potencial de prevención y mejoramiento del deterioro cognitivo y por lo tanto de control de la demencia senil (Daly et al., 2015).

Ahora en relación al entrenamiento de la fuerza muscular, la literatura especializada, entrega evidencias que mediante esa práctica es posible contrarrestar el proceso de involución biológica propio del envejecimiento en relación a la pérdida de masa muscular. Tanto las adaptaciones de la fuerza como el entrenamiento de la resistencia constituyen una estrategia posible de llevar a cabo y mejorar así la fuerza y la potencia de salida. Ello asegura mayores niveles de independencia y previene la discapacidad (Gutiérrez et al., 2014). En un estudio comparativo de dos programas de ejercicios, de fuerza resistencia a través de bandas elásticas y ejercicios recreativos y su influencia en el estado cognitivo de adultos mayores, se estableció que sólo el programa de fuerza resistencia mejora tanto el estado físico como el estado cognitivo de esas personas (Ponce-Bravo, Ponce, Feriche, & Padial, 2015).

Por otro lado la pérdida de la fuerza muscular causada por el envejecimiento en las adultas mayores acarrea riesgos de discapacidad física como caídas u otras alteraciones que conllevan a una pérdida de calidad de su vida, sin embargo numerosas investigaciones nos indican que la fuerza es posible mejorar, inclusive en edades avanzadas. Existe además evidencia que los ejercicios de fuerza muscular, generan un aumento en la producción de la hormona de factor de crecimiento del tipo insulínico 1 (IGF-1). Dicha hormona, cuya función reguladora consiste en aumentar la proliferación. Aumento que tiene entre sus efectos una mayor sobrevivencia de neuronas, el estímulo de la mielinización y el crecimiento de neuritas. Todos estos elementos juegan un rol importante en desarrollo y mantenimiento de las capacidades cognitivas de los seres humanos (Aber et al, 2006; McMorris et al, 1993; Ye y Decole, 2006). Otro antecedente poderoso que se puede agregar, es que el sistema nervioso de los adultos es

capaz de generar nuevas neuronas en ciertas áreas del cerebro como la zona subgranular del hipocampo, y zona subventricular anterior (Blais et al, 2011), lo que ayuda al mejoramiento de la memoria de corto plazo. Por su parte Jáuregui & Rubin (2012) trabajando la fuerza muscular con adultos mayores demostraron que al incrementar la fuerza en estas personas, incrementaba la producción del IGF-1.

En suma, definir y aplicar programas de entrenamiento físico, tanto de fuerza muscular como aeróbicos, permitiría conocer el efecto de la actividad física en el aumento de los factores neutróficos que actúan como mediadores en la supervivencia neuronal, crecimiento, neurogénesis y plasticidad sináptica, pudiendo establecer resultados respecto a su eficiencia en el mejoramiento del estado cognitivo en la población de adultas mayores (Maass et al., 2016; Rao & Sarkar, 2017); además el proceso investigativo entregará un diagnóstico respecto al estado cognitivos de estas, permitiendo alertar sobre posibles alteraciones mentales conocidas bajo la denominación englobante de demencia senil; pero lo más relevante de esta investigación es que la aplicación de programas de ejercicio físico proporcionará una posibilidad de tratamiento preventivo, de bajo costo y de protección a muchas enfermedades crónicas no transmisibles, en especial, como se ha reiterado, aquellas asociadas al deterioro neurodegenerativo que permitirá en definitiva el mejoramiento en su calidad de vida.

Capítulo II. Objetivos de la Investigación y Justificación

2.1. Justificación del Estudio

En el capítulo anterior, se ha mostrado que el envejecimiento acelerado de la población es un fenómeno global. La gente cada vez vive más, se posterga la muerte, a veces en decenas de años, pero muchas de esas personas viven enfermas; es decir, se prolonga la vida, pero en realidad se prolonga una enfermedad, que no sólo afecta al paciente, sino a sus familias o con quienes cohabita. Ellas viven en el contexto de una patología crónica, degenerativa y progresiva, cuya aparición y diagnóstico produce un quiebre absoluto en el núcleo familiar que obliga a reorganizar su existencia.

Chile como país no escapa a esta situación, pues también presenta un envejecimiento avanzado de su población (Gajardo & Abusleme, 2016). La División de Población de las Naciones Unidas proyecta que para el año 2050 que una de cada cinco personas tendrá 60 o más años de edad (*Economic, 2010*) y esas personas son las que pueden desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles. Entre los problemas emergentes que presenta el fenómeno está el hecho de que tales patologías asociadas a la tercera edad, al no ser manejadas oportunamente, producirán “limitaciones funcionales-motora en las personas que les hacen dependientes de otros en su cuidado diario” (Marín, 2016, p. 48). Cuidado que en el país está entregado, culturalmente en la mayoría de los casos sólo a las mujeres. Así, madres, hijas, nueras y nietas con escaso o ningún apoyo, deben descuidar a sus hijos, a sus trabajos e incluso a sí mismas, para cuidar de sus padres, maridos, abuelos, tíos, tías e incluso nietos ¿Cómo contribuye a cuidar el capital que es la familia si no cuidamos a quienes que las sostienen?

El proceso de envejecimiento biológico del ser humano trae consigo una disminución en la capacidad de los diversos sistemas, especialmente en el neuromuscular, el muscular y cardiovascular, como consecuencia se deteriora la capacidad para realizar actividades cotidianas (Eduardo Lusa Cadore et al., 2014). Es aquí que surge la actividad física como una alternativa viable en el mejoramiento de la salud del adulto mayor. Pero, existe un problema: distintos estudios muestran que los seres humanos disminuyen su actividad física, conforme van envejeciendo. En nuestro país el nivel de actividad física voluntaria comienza a disminuir tan

pronto las personas alcanzan la madurez (Izquierdo Redín & Casas Herrero, 2012; Kraemer et al., 2002; López-Chicharro, Vicente, & Cancino, 2013).

Ya se dijo, en el capítulo anterior, que en el mundo alrededor de 3,2 millones de muertes ocurren al año por la inactividad (Taylor, 2014), pero hay un dato importante que se debe mencionar, en los países donde han aumentado las enfermedades crónicas no transmisibles han disminuido los niveles de actividad física. Estas enfermedades producto de la inactividad física, han generado un serio deterioro en la calidad de vida, en especial en este grupo etario en particular. Entre estas enfermedades las neurodegenerativas se encuentran la demencia senil, el Alzheimer y el Parkinson que hoy, resultan representativas a la hora de realizar un análisis de su efecto respecto a la limitación de la autovalencia que produce en las persona que la padecen, provocando graves problemas, como ya se expuso, en su ambiente familiar o su entorno inmediato (Alvear Idrovo, 2015). Sumado a ello se encuentra el hecho que provocan un sustantivo aumento en el gasto a la salud pública (Gutiérrez et al., 2014). De acuerdo a proyecciones realizadas por (Matus-López & Cid Pedraza, 2014) sobre el costo por mantener los programas sociales en salud en el país en 2012 alcanzó los 1.214 millones de Dólares y si ello se proyecta al año 2020 esta cifra aumentaría en un 33,17%. Además, es importante considerar los datos entregado por el Instituto Nacional de Estadística INE (2017), que según la Superintendencia de Salud, existen sólo 104 médicos certificados en el campo de la geriatría, tanto en la salud pública como privada, es decir, proporcionalmente existe un especialista por cada 19.262 adultos mayores. Se debe considerar, además que la distribución por regiones de dichos profesionales es totalmente desigual, según registro entregado por esta entidad, entre la región Metropolitana y de Valparaíso concentran el 66% de los especialistas, mientras que en las regiones de Arica, Parinacota, Tarapacá, Atacama, Los Ríos y Aysén no hay especialistas registrados. Por lo tanto, se hace necesario buscar alternativas viables e invertir en prevención. Entre los mecanismos preventivos está la implementación de programas de ejercicio físico en los adultos mayores, que no sólo traerá beneficios en el estado de funcionalidad física y psicológica del sujeto, sino también en el bienestar económico familiar y social del país.

Sin embargo, la tendencia de las diversas sociedades ha sido resolver este problema con tratamientos farmacológicos (Matus-López & Cid Pedraza, 2014), se ha llegado a establecer en el pensamiento colectivo, que la tercera edad es sinónimo de enfermedad y por lo tanto, deben

ser tratado en una consulta médica. En este sentido, como lo plantea Pont y Carrogio (2007) se lleva a la comercialización el estado de estas personas y la solución son las consultas médicas y los fármacos. Desde esta perspectiva la actividad física podría transformarse en una alternativa de bajo costo para la prevención de enfermedades invalidantes como las neurodegenerativas y un poderoso método para mejorar la salud del cerebro (Kirk I Erickson et al., 2013). Por su parte Ahlskog et al. (2011) aseguran que el ejercicio tiene un efecto neuroprotector que podría reducir significativamente el riesgo de demencia a mediano plazo. Según, Powell et al. (2011) indican que no cabe duda que la actividad física mejora la salud, pero dependiendo del tipo, el volumen, la intensidad o la frecuencia del ejercicio, esta apuntará a diferentes cambios fisiológicos y por lo tanto también se obtendrán diferentes resultados en la salud del sujeto, a la luz de estas afirmaciones, el estudio tratará de dilucidar si los efectos de los ejercicios de fuerza o aeróbico son más significativos en la salud cognitiva de la población en estudio.

Según Eduardo Lusa Cadore et al. (2014) tanto los ejercicios de fuerza como aeróbicos mejoran las adaptaciones neuromusculares y las adaptaciones cardiovasculares. Sin embargo, hace una diferenciación al señalar que las adaptaciones neuromusculares que genera un aumento en la fuerza mejora el reclutamiento de las fibras musculares a diferencia de los ejercicios aeróbicos que permite una adaptación generalizada en el mejoramiento cardiovascular y la capacidad para generar energía a través del metabolismo oxidativo. De acuerdo a lo planteado por este autor, ambas formas de ejercicios son beneficiosas para la salud y en especial en la población de adultos mayores, sin embargo reconoce que ambas formas de entrenamiento por si solas son más efectivas que en forma conjunta. Desde hace bastante tiempo se presumía que la actividad física provocaba un mejoramiento en los procesos cognitivos del ser humano, estudios realizados en la Universidad de Illinois estados Unidos, arrojaron que efectivamente los ejercicios aeróbicos provocaban una menor degeneración neuronal (Ramírez et al., 2004) . Otros estudios recientes indican a su vez que en especial los ejercicios aeróbicos disminuyen o atenúan el riesgo de deterioro cognitivo (Ahlskog et al., 2011). En un estudio efectuado a 120 adultos mayores, Kirk I. Erickson et al. (2011) demostró que la práctica de ejercicios aeróbicos realizados en adultos mayores aumentó el volumen del hipocampo de hasta en un 2% revirtiéndose la perdida de esta estructura con la edad. Cabe destacar que el mejoramiento del tamaño del hipocampo está asociado a mayores niveles de BDNF que es una proteína

mediadora del proceso de neurogénesis y además es un factor protector de aquellas personas que sufren depresión. Según Ramírez (2004) la actividad física sería un medio alternativo importante en el tratamiento en personas que sufren de estas enfermedades ya que la actividad física en la población tiene una mayor aceptación que consumir medicamentos o asistir a grupos de apoyo. Es por ello que en la investigación se propone aplicar un programa de entrenamiento aeróbico a un grupo de adultas mayores que les permita una adaptación generalizada en el mejoramiento cardiovascular y por consiguiente mejorar los niveles de producción de IGF-1 que incidirán en la salud cognitiva en la población en estudio.

El hecho de que la fuente de IGF-1 sea fundamentalmente ajena al cerebro, hace que este factor sea un candidato ideal para su modulación. Con el fin de promover efectos tróficos. El IGF-1 circulante modula la neurogénesis hipocampal del cerebro adulto, así como la plasticidad neuronal y la cognición (Hernandez-Rabaza et al., 2009).

Por otro lado Jauregui and Rubin (2012) en un estudio realizado con ancianas demuestran que la disminución de la masa muscular, está asociado a bajos niveles de fuerza muscular y movilidad, además este grupo presentan bajos niveles de factor de crecimiento IGF-1 respecto a las ancianas que no poseían pérdida de masa muscular, hay evidencia que los ejercicios de fuerza aumentan la velocidad de la marcha y la capacidad de levantarse desde una silla, mejorando su autovalencia y por lo tanto su calidad de vida. Según Padilla Colon, Sánchez Collado y Cuevas (2014) plantean que la sarcopenia en los adultos mayores representa un costo importante en el deterioro de la calidad de vida en el adulto mayor, es así como aumenta el riesgo de caídas y fracturas, capacidad de realizar actividades de la vida cotidiana, pérdida de independencia, e incluso puede estar relacionado con diferentes niveles de deterioro mental. Este proceso degenerativo, producido principalmente por la inactividad física hoy se considera como el síndrome del anciano, que a partir de un programa de ejercicio podría si bien no detener, pero si mejorar o retardar. Es por ello que en la investigación se propone un programa de entrenamiento de la fuerza, cuyo fin es buscar la hipertrofia muscular y de esta forma retrasar la aparición de la sarcopenia, transformándose en una medida preventiva del deterioro del envejecimiento aportando indiscutidamente en el mejoramiento de la calidad de vida de estas personas.

Así en una sociedad en que la esperanza de vida pronto se acercará a los 100 años, es un imperativo absoluto iniciar una discusión seria, informada y propositiva sobre cómo vivir esa enorme cantidad de años de vida de una manera en que podamos disfrutarlos. Y es aquí donde asoma un concepto esencial, éste es el movimiento. Desde que se nace hasta el instante anterior a la muerte es a través del cuerpo y del movimiento la manera en que se interacciona con el medio. Cuerpo y movimiento son dos términos íntimamente relacionados. Y para poder moverse el cuerpo debe estar sano. El concepto de cuerpo sano se organiza a partir de una perspectiva multidimensional, es decir se entremezclan factores sociales, culturales, psicológicos y físicos. El cuidado de todos y cada uno de estos factores parece ser el camino para alcanzar una calidad de vida subjetiva y objetivamente de calidad.

¿Cómo alcanzar esa calidad? ¿Qué herramienta de bajo costo y portadora de tantos beneficios está a mano?

Como se ha mostrado, una alternativa viable, de bajo costo, de implementación sencilla y portadora de múltiples beneficios es la realización de una actividad física sistemática y controlada. Se trata de una herramienta que cumple con los requerimientos recién anotados. Es por ello que en el estudio se plantea investigar para determinar científicamente qué tipos de ejercicios son los más adecuados para alcanzar el objetivo de entregar una mayor calidad de vida a las mujeres mayores. Respaldada esta propuesta la literatura citada oportunamente. En este sentido, citamos un autor que avala plenamente lo tratado: “La vejez a menudo viene con deterioro cognitivo y demencia. La actividad física puede prevenir estas enfermedades” (Blondell et al., 2014).

2.2. Objetivos del Estudio

Objetivo General:

Conocer los efectos de dos tipos de entrenamiento físico en el estado cognoscitivo y de un mediador fisiológico de la hormona del crecimiento en mujeres mayores de la comuna de Talcahuano.

Objetivos Específicos:

- Determinar los efectos que tienen los ejercicios de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular en las funciones ejecutivas y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores.
- Determinar los efectos que tienen los ejercicios de entrenamiento aeróbicos en las funciones ejecutivas y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1, IFG-1 en las mujeres mayores.
- Establecer una relación entre los cambios en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1, IFG-1 con los cambios experimentados en la condición física de las mujeres mayores.

2.3. Hipótesis

H₁: Los programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico provocan cambios en las funciones ejecutivas del estado cognoscitivo de las mujeres mayores.

H₀: Tanto los programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico no provocan cambios favorables en el estado cognoscitivo de las mujeres mayores.

H₂: Tanto los programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico provocan cambios favorables en las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores.

H₀: Tanto los programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico no provocan cambios favorables en las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores.

H₃: Existe una relación entre los cambios producidos en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 y los cambios producidos en la condición física y cambios en las mujeres mayores sometidas a entrenamiento.

H₀: Existe una relación entre los cambios favorables producidos en la condición física y cambios producidos en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores sometidas a entrenamiento.

Capítulo III. Marco Teórico

El envejecimiento de la población mundial tiene como consecuencia la expansión de enfermedades crónicas y de carácter degenerativo, las que pueden llegar a invalidar a las personas que las padecen. La investigación así lo confirma:

El deterioro gradual de las condiciones de salud física y mental que acompañan el envejecimiento individual, con el consecuente aumento de problemas de salud crónicos, conducen de no mediar intervenciones específicas a limitación funcional y gradual pérdida de autonomía. Las limitaciones funcionales, definidas como la restricción de las capacidades físicas o mentales para efectuar las tareas requeridas para mantener una vida independiente, identifican un subgrupo importante de adultos mayores. (Albala et al., 2011 ; p. 1277)

Zoeller Jr (2010) confirma que el envejecimiento de los sujetos también va acompañado del decaimiento de diferentes funciones cognitivas, especialmente en funciones como la rapidez con la que se procesa la información y la memoria. Frente a esta situación, Fernández (2013) plantea que en las próximas décadas las enfermedades mentales tendrán una alta incidencia en la salud, especialmente en los países latinoamericanos, puesto que, en su mayoría, estas naciones no se encuentran preparadas para este reto.

Chile no es la excepción, pues de acuerdo a datos entregados por el Servicio Nacional del Adulto Mayor y el Ministerio de Planificación (SENAMA-MIDEPLAN, 2009), existen 2,6 millones de personas mayores a 60 años que corresponde aproximadamente al 15,6 % de la población y, según Gajardo y Abusleme (2016), doscientas mil de esas personas presentan algún tipo de demencia. Esta cifra se triplicará al año 2050. Constituyéndose, demencias y la enfermedad de Alzheimer, en la tercera causa de pérdida de años de vida saludables y en las de más alto costo público y privado, después de las enfermedades cardiovasculares y de cáncer.

De acuerdo a lo planteado, especialmente en la justificación de esta tesis, el ejercicio es una herramienta privilegiada para el mejoramiento en la calidad de vida. Así también, lo plantea la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), entidad que destaca a la actividad física

como un agente efectivo para mejorar la salud funcional de los adultos mayores y, asunto de la mayor relevancia para esta tesis, también destaca de manera especial el efecto que tiene el ejercicio para la prevención y tratamiento de las enfermedades cognitivas. Investigaciones epidemiológicas confirman que mejora las funciones cognitivas, disminuye el riesgo de demencia y muestran que a mayores niveles de práctica de actividad física se reduce la incidencia su incidencia en un 28% y la enfermedad de Alzheimer en un 7.8 %, correlacionado que a mayor nivel de masa muscular, menor es el riesgo de contraer la última enfermedad (Yoon et al., 2016).

Ante el crecimiento de este segmento de la población, como se ha remarcado, se hacen necesarios estudios multidisciplinarios que aborden esta realidad y que permitan un mejoramiento en la calidad de vida de sus adultos mayores. Hoy la evidencia científica revela, de forma contundente, que la actividad física practicada en forma regular puede atenuar el deterioro cognitivo, transformándose, además, en un agente neuroprotector del sistema cognitivo y, por lo tanto, puede disminuir el riesgo de contraer alguna enfermedad asociada a la demencia (Ahlskog et al., 2011). Numerosas revisiones sistemáticas trabajan bajo estas premisas, describiendo los efectos positivos del ejercicio físico sobre el proceso de avance de las enfermedades mentales como la demencia, Alzheimer, trastornos depresivos, entre otras. Las investigaciones sugieren que la actividad física practicada en forma regular trae beneficios significativos en las respuestas metabólicas y de neuroprotección en los seres humanos pudiendo reducir la progresión de las enfermedades neurodegenerativas; además, los programas de ejercicios físicos podrían tener un alto potencial en el tratamiento preventivo en contexto de programas sociales asociados a las personas en riesgo de adquirir trastornos mentales (Knöchel et al., 2012). Por su parte Intlekofer and Cotman (2013) indica que el ejercicio contrarresta la disminución de la función del hipocampo en el envejecimiento, que subyacen a la pérdida progresiva de la memoria con la edad. Señalando finalmente que la actividad física mejora el aprendizaje y la memoria para las personas de todas las edades.

Del punto de vista científico esta es una comprobación que ya viene desde hace bastante tiempo. Siancas and Ernesto (2016), publican el artículo Exercise and brain neurotrophins, en él se muestra en un experimento con animales (ratones) que podían correr a diario dentro de sus jaulas, mostraban aumentos en la síntesis de factores neurotróficos en zonas concretas del

cerebro, cuestión que no ocurría con los mismos animales en estado sedentario. Esto es muy importante, pues las neurotrofinas son sustancias de tipo hormonal que ejercen todo tipo de efectos positivos sobre las neuronas adultas y la experiencia descrita por los investigadores sugería que el ejercicio las protege. Durante unos años esto no suscitó el debido interés, aunque se continuó analizando la relación entre factores neurotróficos y ejercicio físico, llegándose a la conclusión de que la producción cerebral de algunos de estos factores protectores de la salud de las neuronas podría ser estimulada por el ejercicio físico (Kramer et al., 1999; Neeper et al., 1996).

Hoy en día, la capacidad del ejercicio para estimular los procesos neuronales y cognitivos es conocido. Un estudio importante en este sentido es el Ding, Vaynman, Akhavan, Ying, and Gomez-Pinilla (2006) revelaron que el ejercicio incrementa el Factor de Crecimiento Insulínico del tipo 1 (IGF-1). Esto es muy importante, pues el IGF-1 juega un rol de mediador e inducidor del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF), es por esta razón que se incluyen algunos estudios que relacionan actividad física y BDNF. Y como decíamos, aquí se fija el punto esencial, el BDNF mejora la adquisición de aprendizaje y el aumento de la memoria, es decir, es un estimulante para la capacidad cognitiva. Capacidad que, precisamente, se pierde en la vejez. Concluyendo que es lo motiva y sustenta la presente investigación, en que el ejercicio aumenta significativamente la acción de la proteína BDNF en su acción en cascada de otras proteínas moleculares encargadas de los procesos de memoria. Los distintos factores neurotróficos están interrelacionados. El papel que juega el IGF-I durante el ejercicio puede ser asociado con la acción del BDNF, un modulador crítico de plasticidad sináptica del cerebro, un mediador que mejora la capacidad cognitiva del adulto. Se puede afirmar, ya se ha visto y se verá en otros acápites de esta tesis, que tanto el BDNF como el IGF-1 aumentan el nivel hipocampal a través del ejercicio ya que ambos factores neurotróficos, es necesario repetirlo, tienen un efecto positivo sobre la cognición (Ding et al., 2006).

Las investigaciones sugieren que al aplicar ejercicios aeróbicos a personas de mediana edad se reduce el riesgo de manera significativa, de contraer alguna enfermedad asociada a la demencia. En pacientes con deterioro cognitivo leve se ha logrado mejorar las puntuaciones cognitivas, después de intervenciones de seis a doce meses de ejercicios, comparados con los grupos de controles sedentarios. Por lo tanto, existe evidencia de asociación positiva entre el

aumento de actividad física y el mejoramiento en los niveles de salud cognitiva de los adultos mayores (Taylor, 2014). Así mismo Ramnath, Rauch, Lambert, and Kolbe-Alexander (2018) en un estudio piloto, reportaron relaciones significativas al hacer asociaciones entre la actividad física funcional y el estado cognitivo de un grupo de adultos mayores. Sugiriendo que no hay duda que el envejecimiento se asocia con la disminución progresiva de las funciones físicas y el rendimiento cognitivo, pero que un cambio en los estilos de vida como el realizar actividad física en forma permanente podría marcar una gran diferencia en esta población.

A pesar que el efecto que tiene la actividad física sobre el estado cognitivo o la función cerebral en el ser humano ha sido reportado por varios estudios científicos desde hace un tiempo (Acevedo-Triana, Ávila-Campos, & Cárdenas, 2014; Komatsu, Yagasaki, Saito, & Oguma, 2017; Ramnath et al., 2018); no se ha propuesto un programa de ejercicios con parámetros de entrenamiento controlados o establecidos, tales como: frecuencia, volumen, intensidad y densidad.

Aun cuando es necesario mostrar esta carencia de trabajos sistemáticos y controlados, pareciera que el ejercicio tuviese efectos en el mejoramiento del nivel cognitivo de los seres humanos. La ausencia de especificidad se puede mostrar citando una revisión sistemática realizada por Snowden et al. (2011) donde consideró el análisis de intervenciones con ejercicios físicos sobre la cognición en adultos mayores. 30 estudios cumplieron con la norma de inclusión, es decir, que trabajasen con adultos mayores, que hubiese grupos de contraste, etc.; las intervenciones fueron clasificadas en ejercicios aeróbicos o cardiorrespiratorios, ejercicios de fuerza y ejercicios de evaluación de los componentes cognitivos, tales como: cognición general, función ejecutiva, memoria, tiempo de reacción, atención, etc. En algunos de estos estudios se concluyó que sí existía una relación positiva entre ejercicio y salud mental, no obstante en otros no se encontraron las pruebas suficientes en donde la actividad física o ejercicio mejorase el estado cognitivo en los adultos mayores.

Por su parte C. Nascimento, S. Varela, C. Ayan, and J. Cancela (2016) realizaron una revisión sistemática que les permitió señalar que el ejercicio físico es un elemento importante en el mejoramiento de las capacidades cognitivas y en especial en el tratamiento de personas con la enfermedad de Alzheimer. Concluyen sugiriendo que las intervenciones aeróbicas realizadas a intensidad media son adecuadas para enfermos con niveles de demencia leve o

moderada, además sugieren que se deben seguir mejorando los tipos de intervención donde se aprecie claramente la metodología y protocolos utilizados de acuerdo al cada tipo de aquéllas, reconociendo los potenciales beneficios que tienen los programas de actividad física en el estado cognitivo de los sujetos a intervenir. Este estudio es relevante para la presente investigación porque reconoce que hay diferencias metodológicas que se deben mejorar en los protocolos de aplicación en los diferentes estudios.

En una revisión realizada por van Uffelen, Paw, Hopman-Rock, and van Mechelen (2008) se describe un cuadro similar, indicando que ésta se realizó sobre estudios que buscan determinar el efecto del ejercicio sobre la cognición en adultos mayores con y sin deterioro cognitivo. Concluyen que en la mayoría de los estudios no se encontró efecto alguno. Las razones a las que aluden para explicar estos resultados son la falta de estudios de alta calidad, la gran variedad de protocolos y las diversas normas usadas para medir las variables. Destaca la revisión que no se encontraron efectos que perjudiquen a los sujetos intervenidos. Sólo se observaron efectos positivos significativos en los sujetos cognitivamente sanos.

Existen investigaciones científicas que certifican el efecto de la actividad física sobre el estado cognitivo, se encuentran varios estudios. Ya fue citado el estudio llevado a cabo por Erickson et al. (2011). También se anotó que al cabo de seis meses, las mediciones entregaron que el grupo intervenido modificó el tamaño de su hipocampo. Ahora, en específico, las mediciones arrojaron un aumento en lado izquierdo del 2,12% y del 1,97% en el lado derecho, mientras que el grupo control experimentó una disminución en el tamaño de 1,40% y un 1,43%, respectivamente. Todo en el mismo periodo de tiempo. Concluyeron que los ejercicios aeróbicos traen mejoras en la memoria espacial y un aumento en los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF)

El factor neurotrófico (BDNF) es una proteína mediadora del proceso de neurogénesis y juega un rol relevante en varios aspectos del desarrollo del cerebro. Junto a ello se le considera un importante regulador de los mecanismos de plasticidad neuronal. Funciona también como activador de nuevas vías neuronales. Juega un rol esencial en la formación de la memoria, así como en la sinaptogénesis. La ausencia de este factor afecta la memoria, especialmente la de corto plazo. No se ha alcanzado aún el conocimiento necesario para desarrollar terapias basadas

en BDNF, es decir, como aplicar dosis de éste a pacientes que presenten trastornos en su capacidad cerebral. Frente a ello, se destaca el ejercicio como una forma natural, efectiva de activar este factor neurotrófico. Esto, pareciera necesario de relevar, es una cuestión extraordinaria, pues revela que uno de los grandes problemas que afectará a la humanidad en el corto plazo, la demencia de millones de ancianos y ancianas, se podría combatir por medio de una actividad física controlada (Cunha, Brambilla, & Thomas, 2010).

Dadas las evidentes razones anotadas, es fácil comprender que desde hace un tiempo se viene investigando en el área de la actividad física y salud sobre el aumento o disminución del BDNF y su relación con la aplicación de ejercicios, ya sea aeróbicos o de fuerza, en adultos mayores sanos. En la mayoría de ellos se han reportado niveles de mejoramiento del BDNF periférico como respuesta al ejercicio, pero aún no se sabe con exactitud, cuál es la magnitud del aumento de este mediador neurotrófico en el mejoramiento de la función cognitiva del ser humano.

A continuación se comenta una serie de investigaciones que trabajaron con la relación entre ejercicios aeróbicos y la cognición:

En una revisión realizada por T. Huang, Larsen, Ried-Larsen, Moller, and Andersen (2014) que buscaba identificar los efectos de la actividad física sobre el factor neurotrófico BDNF en seres humanos sanos, encontraron treinta y dos artículos, que cumplieron con los criterios de inclusión del análisis. La investigación sugiere que las concentraciones del factor BDNF periféricos fueron elevados por los ejercicios aeróbicos crónicos y que en la mayoría de los entrenamientos de ejercicios de fuerza no tiene una mayor influencia en las concentraciones de BDNF periférico. El factor neurotrófico derivado del cerebro BDNF, además de los beneficios ya anotados, aumenta y afecta positivamente la memoria episódica de los adultos mayores que son sometidos a programas de actividad física (Canivet et al., 2015).

Laura D Baker et al. (2015) realizaron una investigación en adultos mayores, todos pacientes de Alzheimer ubicados en las primeras etapas de la enfermedad. Se utilizaron ejercicios aeróbicos como medio de intervención. Los autores sugieren que estos ejercicios pueden ayudar en la mejora en la etapa inicial de la enfermedad, ya que disminuyen los niveles

de la proteína Tau Fosforilada en el cerebro, considerada predictiva en la progresión en las enfermedades mentales. Aun cuando no se trabaja con los factores asociados a la presente investigación, es importante de citar para mostrar que los efectos del ejercicio sobre el cerebro son altamente beneficiosos.

Freudenberger, Petrovic, Sen, Töglhofer, Fixa, Hofer, Perl, Zweiker, Seshadri, and Schmidt (2016) realizaron su investigación con una muestra de ochocientos setenta y siete adultos mayores. Buscaban determinar si a una mayor aptitud cardiorrespiratoria se obtendría un mejor funcionamiento cognitivo general. Concluye que a mayor VO₂ max, los adultos mayores disponen de mejores funciones cognitivas generales como la memoria, la función ejecutiva y las diferentes capacidades relacionadas a esta capacidad.

Hoffmann et al. (2015) trabajaron con pacientes que sufren Alzheimer. Aplicaron ejercicios aeróbicos de mediana a alta intensidad para medir la posibilidad de que con ello se pudiese detener el deterioro mental en estos sujetos, como mejorar la capacidad cognitiva, los trastornos neuropsiquiátricos y los síntomas depresivos, entre otros; después de 16 semanas de intervención a 200 pacientes, con grupo control y experimental respectivamente, el resultado fue que no se presentaron diferencias significativas entre ambos grupos respecto al avance del deterioro cognitivo, pero sí hubo un mejoramiento a favor del grupo intervenido respecto a los síntomas neuropsiquiátricos depresivos.

López, N., Véliz, A., Allegri, R., Soto-Añari, M., Chesta, S., & Coronado, J. C. (2014), analizaron el efecto de un programa de actividad física sobre la memoria episódica, visoespacial y verbal en 74 mujeres mayores de 60 años sin deterioro cognitivo; dividieron al grupo de intervención de 34 personas que realizaron actividad física aeróbica, por seis meses y un grupo control integrado por 40 mujeres sedentarias que no recibieron intervención. Los resultados evidenciaron diferencias significativas a favor del grupo intervenido, principalmente en el aumento de la capacidad de procesamiento, retención, y evocación de la información verbal y visual.

Canivet et al. (2015), realizaron un estudio que buscaba relacionar el efecto de la actividad física y el BDNF de la memoria episódica. La muestra estuvo formada por doscientas cinco personas voluntarias mayores de 55 años con una puntuación en el test mini mental ≥ 24 .

Se separaron cuatro grupos de acuerdo a sus resultados de su nivel de actividad física y su nivel de BDNF; en los resultados informaron que como era de esperar el nivel de actividad física de los sujetos interactuó con el polimorfismo BDNF para afectar el rendimiento de la memoria episódica ($p < 0,05$). Concluyendo que podría existir una interacción que afecta la memoria episódica y muestran que la actividad física contribuiría activamente en los procesos de mejoramiento de neurotróficos implicados en el estado cognitivo de las personas.

Cancela, Ayán, Varela, and Seijo (2016), en una investigación longitudinal, realizaron una intervención de ejercicios aeróbicos por un periodo de quince meses en un grupo de adultos mayores con demencia declarada, buscando medir los efectos de estos ejercicios sobre el deterioro cognitivo, memoria, la depresión y dependencia funcional. Se separaron los participantes en dos grupos, uno que realizó actividades de tipo aeróbico con una duración de quince minutos diarios por quince meses y uno de control que practicó actividades sedentarias recreativas alternativas en el mismo periodo que el grupo activo. Antes y después de la intervención se le aplicaron algunos test como el Mini-Mental State Examination (MEC), la Prueba Timed "Up & Go", el Inventario Neuropsiquiátricos, el Índice de Katz, la Escala de Cornell para la Depresión en Demencia y la Evaluación de la Memoria Fuld Object. Informan resultados que muestran una disminución significativa de las diferentes capacidades evaluadas en el grupo control; mientras que aquel que realizó actividad aeróbica, revela una mejoría en los síntomas neuropsiquiátricos en la memoria funcional y en la movilidad. Concluyen que el ejercicio aeróbico podría tener un efecto positivo sobre la salud mental de estos pacientes.

Yun and Abrahamson (2015) plantearon que cada vez existen mayores pruebas científicas que relevan que la actividad física no solo mejora y sustenta un envejecimiento saludable, sino que también es útil para el control de las enfermedades cardiovasculares, respiratorias, músculo esqueléticas entre otras. Destacan, además, un aspecto importante para esta investigación: el ejercicio puede tener efectos beneficiosos sobre la capacidad cognitivas de las personas mayores.

Heath et al. (2012) trabajan en un sentido similar: tras una revisión sistemática de la literatura científica, publicada entre los años 2000 y 2011, relativa a las problemáticas que aquí se tratan, exponen una amplia evidencia sobre como las intervenciones basadas en la actividad física protegen contra enfermedades coronarias, diabetes del tipo 2, algunos tipos de cáncer,

hipertensión, depresión y otros trastornos crónico. De aquí que la actividad física controlada, el ejercicio, es considerada como paliativo y, también, como preventivo de las enfermedades anotadas, por diversos centros de salud de todo el mundo. Centros que han documentado los beneficios de la salud, se insiste, no sólo en personas en riesgo sino que para toda la población.

Petzinger et al. (2013) reportaron que el desarrollo de programas de ejercicios aeróbicos en adultos mayores pacientes de Parkinson, han presentado evidencias en la mejoramiento en el flujo sanguíneo, facilitando el proceso de neuroplasticidad en estas personas. Lo que no sólo mejora el control motor de movimientos automáticos, sino también tiene el potencial de mejorar componentes cognitivos en estos individuos.

Wall et al. (2018), reporta en un estudio cuasi experimental realizado con 14 personas mayores después de tres meses de intervención con ejercicios de carácter aeróbico, mostraron mejoras significativas en las funciones ejecutivas ($p=0,02$) registrando también cambios en los biomarcadores (cortisol y el factor de crecimiento insulínico IGF-1) declarando una asociación significativa con la cognición de los sujetos estudiados. Sin embargo recalcan que aun siendo el ejercicio una herramienta adicional y práctica para luchar contra el deterioro cognitivo aún se necesita validar los programas con poblaciones más numerosas y estandarizar protocolos.

K. I. Erickson, Leckie, and Weinstein (2014) sostienen que los ejercicios aeróbicos probablemente aumentan el tamaño del hipocampo en mujeres de entre 70 y 80 años de edad con deterioro cognitivo leve, pues estas personas mejoraron la memoria espacial y verbal en una intervención de ejercicios aplicados durante 6 meses y 2 veces a la semana. Concluyen que el ejercicio es una estrategia prometedora contra la lucha del deterioro cognitivo.

Stein et al. (2018), en una revisión sistemática, que buscó analizar los efectos del ejercicio sobre los niveles de IGF-1 en la cognición de ancianos, incorporan estudios longitudinales hasta el año 2017 y que incluyera el ejercicio como principal resultado, midiera los niveles del IGF-1 y el estado cognitivo. Reportando los siguientes resultados: de un total de siete estudios tres mostraron un aumento inducido por el ejercicio en el IGF-1; en tres encontraron niveles estables de IGF-1 y en solo uno se reportó una reducción en el IGF-1; en cuanto a la relación a la mejora en la cognición solo en algunos de los estudios se reportó mejoras en esta capacidad. Concluyendo que existe disparidad en el tipo de ejercicio físico

aplicado, los protocolos de los experimentos y de muestras, todo ello dificultaría el establecimiento de un consenso sobre la relación entre IGF-1, cognición y Ejercicio físico.

A continuación se presentan una serie de investigaciones que trabajaron con la relación entre ejercicios de fuerza y cognición. Como se ha comentado ampliamente, la evidencia sugiere que, probablemente, el entrenamiento de este tipo, puede propiciar también el mejoramiento de las funciones cognitivas y por lo tanto el bienestar de las personas mayores (Ramírez et al., 2004). En la mayoría de los casos la intervención se ha centrado en la aplicación de ejercicios aeróbicos; sin embargo, hoy día se sugirieron otros tipos, como los ejercicios de fuerza muscular que podrían prevenir el deterioro cognitivo en personas de avanzada edad a través de mecanismos que generan el factor de crecimiento IGF-1; por lo tanto, ya sean ejercicios aeróbicos, como de fuerza resistencia deben ser considerados al trabajar con adultos mayores, puesto que no sólo juegan un rol para la salud física sino también trae beneficios para la salud del cerebro (Liu-Ambrose & Donaldson, 2009).

Strickland and Smith (2016) reportaron que a partir de modelos aplicados, inicialmente animales numerosos estudios han demostrado que la ejecución de programas regulares de entrenamiento de la fuerza muscular es posibles de asociar con mejora de la salud mental, la memoria y la cognición.

Ponce-Bravo, Ponce, Feriche, & Padial, (2015) buscaron determinar el impacto de un programa de ejercicios de resistencia con bandas elásticas, comparado con un programa de ejercicios recreativos, en cincuenta y cuatro (54) voluntarios mayores de 60 años. Se asignaron a cada grupo, número similares de integrantes; antes y después de la intervención, se midió la capacidad cognitiva y se trabajó en forma intensiva 50 minutos por sesión, cinco veces por semana, en ambos programas, durante un mes. Al término del proceso se percibió una mejoría en la condición física y cognitiva de ambos grupos; aunque el mejoramiento superior se marcó en los integrantes del grupo que realizó los ejercicios de fuerza resistencia.

Yu-Kai et al. (2012) realizaron una revisión bibliográfica, no sistemática, de investigaciones que miden entrenamiento de los ejercicios de fuerza sobre la función cognitiva de los adultos mayores. Reportando que la práctica de estos ejercicios, en particular en la población de más edad, aumenta la masa muscular, la fuerza, la potencia, mejora el gasto

energético, disminuye la sarcopenia y, fundamentalmente, presentan efectos positivos sobre la función cognitiva de esta población. Explican estos investigadores, que los resultados serán más eficientes si las cargas de trabajo se sitúan entre el 60-80% de 1RM con siete repeticiones y con intervalos de descanso de dos minutos y al menos dos veces por semana en períodos de 2 a 12 meses. Luego, los ejercicios de fuerza podrían influir positivamente en el estado cognoscitivo de los adultos mayores.

Gerlinger-Romero, Caperuto, Maia, and Guimarães-Ferreira (2014) sostuvieron que, dada la evidencia que el deterioro cognitivo y la pérdida de masa muscular sean una característica del envejecimiento humano, ella podría ser evitada, o paliada, por mecanismos biológicos endógenos como son la generación del IGF-1. Generación que es inducida por el entrenamiento de ejercicios de fuerza.

Taekema et al. (2011) buscaron relacionar el deterioro de la fuerza muscular con el envejecimiento y con la producción del El IGF1 dada su función de mediador crecimiento muscular y la regeneración que afecta la función muscular. El análisis fue de carácter transversal con una muestra de en dos cohortes diferentes compuestas de mediana edad (media 63.9G6.7 años) y sujetos de mayor edad (todos los 89 años). Métodos: fuerza de agarre, rendimiento funcional y capacidad, y niveles séricos de IGF1 e IGFBP3.

Concluyeron que los niveles de IGF-1 disminuían con la edad cronológica. Se encontró una relación significativa entre el desarrollo de la fuerza muscular y el aumento de los niveles de IGF1, en el grupo de las mujeres, no así en el grupo de hombres. Plantean que es necesario iniciar estudios adicionales para probar la relación entre este factor neurotrófico con el rendimiento físico. Lo que interesa a esta investigación es la asociación entre ejercicio muscular y generación de IGF-1.

Yoon et al. (2016), investigó el efecto de dos regímenes de entrenamiento de la fuerza, basados en la utilización de bandas elásticas de alta velocidad y otro con una velocidad más baja. El objetivo fue medir su efectividad en el mejoramiento de la función cognitiva en 70 personas mayores de 60 años con deterioro cognitivo leve. Las sesiones fueron de una hora de duración, con una frecuencia de dos veces a la semana, durante un periodo de tres meses. Se observó un mejoramiento de la función cognitiva con ambos sistemas de entrenamiento, pero se

obtuvo un aumento significativamente mayor de la función de la fuerza muscular y cognitiva en el grupo que realizó los ejercicios a mayor velocidad.

Un estudio importante para la presente investigación fue realizado por De Camargo (2016). Trabajó con una muestra de 41 mujeres mayores sedentarias (65.87 ± 5.69 años) con el objetivo de cuantificar el efecto que tiene un programa de ejercicios de fuerza en la aptitud física y en las capacidades cognitivas. Se constituyeron grupos de 29 y 8 mujeres, experimental y control respectivamente, con las mismas características de inclusión. El grupo experimental fue sometido a un programa de entrenamiento de fuerza, tanto del tren superior como inferior durante 12 semanas, con cargas entre el 60 % y el 75% respecto a 1RM. La capacidad Cognitiva fue evaluado por el test “Evaluación Cognitiva de Montreal”. Los resultados mostraron un aumento de la fuerza del tren superior con un 58%, y de un 68% de mejoramiento de la fuerza en el tren inferior del cuerpo. Junto a ello marcó un aumento de la capacidad cognitiva en un 19%. El estudio concluye que el mejoramiento de la fuerza en mujeres de edad avanzada, aumenta las capacidades cognitivas con el consiguiente mejoramiento de los niveles en la calidad de vida

Iuliano et al. (2015) buscaron demostrar el efecto que tienen distintos tipos de actividades sobre las funciones cognitivas y de atención en 80 adultos mayores, (48 mujeres y 32 varones con edades de 66.96 ± 11.73). Para ello realizaron una división al azar de 4 grupos. El primer grupo trabajó en ejercicios de fuerza de alta intensidad; un segundo grupo, en ejercicios cardiovascular de alta intensidad; un tercer grupo en actividades posturales y de equilibrio de baja intensidad, mientras que el control correspondió al cuarto grupo. A los cuatro se les midió la capacidad cognitiva. Los ejercicios se realizaron durante 12 semanas. Concluyeron que todas las intervenciones mejoran las capacidades cognitivas de los sujetos, sólo que cada una de las intervenciones tiene efectos diversos sobre la cognición. Así el entrenamiento cardiovascular mejora el rendimiento y la atención mientras los ejercicios de fuerza mejoran la construcción de praxis.

Así pues Okada, Ogayu, Narita, and Takesima (2014), midieron los efectos de un programa de ejercicios de fuerza, tanto del tren superior como del inferior, durante doce semanas, en 62 adultos mayores que promediaban 72 años y que fueron asignados en dos grupos iguales en forma aleatoria, uno en ejercicios de fuerza y el otro en actividades de equilibrio.

Al término de la investigación se informó que ambos grupos mostraron cambios significativos en el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos; sobre todo en los ejercicios de fuerza realizados en posición sentados con bandas elásticas, en donde se observó una mejora de la fuerza en el tren inferior y en los ejercicios de equilibrio se mostraron aumentos en el mantenimiento de la postura en una pierna.

Venturelli, Lanza, Muti, and Schena (2010) investigaron sobre la intervención de la fuerza de brazos en 30 mujeres mayores con limitaciones motrices. La intervención duró 12 semanas. Luego buscaron relacionar esta cualidad con la capacidad cognitiva. El grupo experimental mejoró en un 29% la fuerza de brazos y su función cognitiva se mantuvo; en tanto en el grupo control, la fuerza de brazos se vio disminuida en un 21% y su capacidad cognitiva también decayó en un 3%. Concluyeron que tanto la fuerza muscular como la capacidad cognitiva son posibles de mejorar en las personas con discapacidad motriz y se podría establecer una relación positiva entre el desarrollo de la fuerza y la condición cognitiva en las mujeres mayores intervenidas. Por otro lado Walsh et al. (2015) informaron de una investigación que tuvo como objetivo caracterizar la respuesta de los factores neurotróficos antes y después de realizar ejercicios de fuerza muscular durante 8 semanas de entrenamiento en cinco adultos mayores de edades entre 60 y 70 años. Concluyendo que después de las ocho semanas de entrenamiento con ejercicios fuerza muscular los niveles basales de los factores neurotróficos se mantuvo estable.

También se han realizado investigaciones que trabajan tanto con la fuerza muscular como con ejercicios aeróbicos. Así Berryman et al. (2014) sometieron a un programa de entrenamiento de tres veces por semana durante dos meses, a un grupo de adultos mayores sanos con una edad promedio de $70,7 \pm 5,6$ y fueron separados en tres grupos de entrenamiento. El objetivo fue determinar el efecto de un programa de fuerza de alta intensidad y otro de entrenamiento aeróbico sobre las funciones cognitivas. Se compararon los resultados de los tres grupos de intervención: Fuerza tren Inferior más Aeróbicos, Fuerza tren superior más Aeróbicos y Actividades motoras Gruesas en General. El experimento arrojó resultados similares respecto a un mejoramiento equivalente en las funciones cognitivas de las personas sanas. Se cita esta experiencia, pues la presente investigación también trabajó con ejercicios de ambos tipos.

Existen estudios investigativos del mismo tipo que el anterior, es decir, que combinan rutinas de entrenamiento aeróbicos y de fuerza, pero la diferencia está en la muestra: adultas mayores que sufren demencia:

Bossers (2014) aplicó un programa combinado (mixtos) de ejercicios aeróbicos y de fuerza muscular a un grupo de veinticinco pacientes de sexo femenino con demencia declarada. Estableció rutinas combinadas de ejercicios durante seis semanas, cinco veces a la semana y cada sesión tenía una duración de treinta minutos. También se tomó otro grupo de 16 pacientes de similares características que recibieron visitas sociales, con la misma frecuencia. Al comparar los resultados respecto de la función cognitiva no se encontraron avances significativos, sin embargo hubo un efecto moderado de mejoramiento en el grupo que realizó los ejercicios combinados en la memoria y atención visual con un mejoramiento más marcado en la capacidad motora como la marcha y fuerza.

Bherer et al. (2013) en una revisión sistemática desde estudios transversales y longitudinales de intervención con adultos mayores sanos, con deterioro cognitivo leve o con enfermedades neurodegenerativas relacionadas. Encontró importantes resultados respecto al impacto positivo que poseería el ejercicio físico sobre las funciones cognitivas que se dañan con la edad. El estudio revela que la actividad física tiene incluso un efecto correctivo para las personas que poseen problemas mentales leves.

En el país se han implementado algunos programas asociados también a las relaciones entre la fuerza muscular y la cognición. El Programa de Terapias de Estimulación Cognitiva llevado a cabo en la Ciudad de Quillota, en donde se aplicó a 22 personas diagnosticadas de Enfermedad de Alzheimer en la fase de leve a moderado. Se estableció un grupo de intervención y uno control; luego se definieron las dimensiones para evaluar: cognición, calidad de vida y capacidad funcional de las personas con demencia. Al finalizar la intervención se mostraron mejorías significativas en el grupo de intervención, en las dimensiones de deterioro cognitivo y calidad de vida. Por el contrario, el grupo control no evidenció cambios significativos en ninguna dimensión e incluso mostraron retrocesos en la evaluación final (Miranda-Castillo & GHigliotto, 2013).

Los efectos del entrenamiento de fuerza probablemente mejoran los niveles de producción del IGF-1 y la autonomía funcional en adultos mayores sometidos a un programa de entrenamiento, ello abre nuevas perspectivas en las investigaciones que relacionan el ejercicio con el envejecimiento (De Souza Vale & Ferreira Rodrigues, 2014).

Por lo tanto y de acuerdo a los antecedentes expuestos, la actividad física es altamente beneficiosa para la salud del ser humano y, muy posiblemente, para el funcionamiento del cerebro. El ejercicio, de acuerdo a la evidencia científica, juega un rol de prevención, de protección y paliativo sobre las enfermedades neurodegenerativas provocadas por el envejecimiento.

Capítulo IV. Marco Metodológico

4.1. Enfoque filosófico de la investigación

Esta investigación se sustenta en el paradigma filosófico positivista, ya que se propone determinar la naturaleza de la realidad en forma objetiva, única, convergente, cuya finalidad es explicar, predecir el fenómeno estudiado. Respecto a la relación Sujeto/objeto se caracteriza por la independencia, neutralidad del investigador externo, método que da garantía de objetividad (Latorre, del Rincón Igea, & Arnal, 1996). La matriz de esta tesis se funde en el positivismo; sin embargo, siempre es necesario relativizar las ideas en el campo científico, pues si algo identifica esta actividad es la duda permanente sobre el propio accionar. Por esta razón se incorpora una mirada fenomenológica del problema. Esta es una forma de indagar, con rigor científico los sistemas que operan al establecer una teoría y los modos como se relaciona una teoría con el mundo cotidiano en el cual el científico habita. La fenomenología, por tanto, incursiona en un campo interesante: el modo en que las cosas y los seres del mundo aparecen frente a un sujeto cognoscente, el papel de la percepción en el proceso de conocimiento, el lugar del cuerpo en el acceso a las realidades del mundo. Esto es muy útil para la presente tesis, pues ella trabaja con un fenómeno, precisamente, que aparece de un modo muy fuerte frente al sujeto, la vejez y la pérdida de capacidades que acarrea; luego, el punto está en qué modo se percibe el problema. Esa mirada es la de la motricidad humana. Concepto que supera la concepción de la Educación Física como una mera actividad, pues va más allá y asume la corporalidad y la corporeidad en su totalidad, Su preocupación radica en la trascendencia del ser humano, en sus emociones, en el sentir del crear. De ahí que tenga una preocupación central por el modo en que el cuerpo accede a la realidad del mundo: “La CMH que emerge de un corte epistemológico o de un cambio de paradigma, en el seno de la Educación Física es una nueva ciencia humana, en la cual, y por tanto, el ser humano surge como ser, como conciencia y valor” (Sergio, 2006). Estas son las ideas que animan a esta investigación. De ahí que busque conocer el impacto que tienen los ejercicios de fuerza y resistencia en el estado cognoscitivo en adultos mayores de la comuna de Talcahuano; determinar relaciones de causa – efecto, cuantitativamente comprobables entre ejercicio y cognición mediante la medición del neurotrófico IFG-1 y generar un modelo repetible en otros contextos diversos. Decíamos que estas ideas son las que mueven al presente trabajo, pues se debe recordar que la fenomenología destaca el lugar del cuerpo en

el acceso al mundo y un cuerpo con su cognición disminuida simplemente no puede acceder al mundo.

4.2.Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa con un diseño cuasi- experimental de con pre y post prueba. La muestra se compuso por 3 grupos: un grupo control (GC) y dos grupos experimentales (GA y GF); al GA un programa de entrenamiento aeróbico; al GF se le aplicó un programa de entrenamiento de ejercicios de contra resistencia de fuerza muscular. El período de trabajo fue de 12 semanas dividido en 3 sesiones semanales de entrenamiento de sesenta minutos de duración cada una. Se buscó conocer el efecto neurofisiológico de estos métodos de entrenamiento sobre el estado cognitivo de las mujeres mayores.

Tabla 1 Diseño Cuasi-experimental de la investigación.

	Grupos	Evaluación	Intervención	Evaluación
R	GF	01	X	02
R	GA	01	X	02
R	GC	01		02

R: Asignación de grupos; G: Grupo de intervención (GC: Grupo control; GF: Grupo de Fuerza Muscular; GA: Grupo aeróbico); X: Intervención; 0: Evaluación de los sujetos.

4.2.1.-Participantes

Esta investigación se llevó a cabo con los integrantes de los talleres de adultos mayores pertenecientes a la comuna de Talcahuano. Esta agrupación cuenta con 250 personas inscritas, cuyas edades fluctúan entre los 60 y 86 años; donde el 72% de esta Comunidad son mujeres y el 28% son varones.

La comuna de Talcahuano, se ubica en el sector poniente de la bahía de Concepción, Octava Región; con una superficie de 92,3 km² y con una población estimada según proyección del Instituto Nacional de estadística (INE, 2013) de 17.476 habitantes y con una población que

al igual que el resto del país sufre el fenómeno acelerado de envejecimiento. Según datos entregados por la Ilustre Municipalidad de Talcahuano (2015). Las personas mayores de 60 años que habitan en la comuna alcanzan la cifra de 19.476 habitantes.

4.2.1.2. Definición de la muestra

La investigación trabajó con la población de 113 mujeres mayores autovalentes, cuya edad promedio fue de 70.03 ± 6.66 años y que participaban en talleres recreativos de la oficina de deportes de la comuna de Talcahuano, Región del Bío Bío. Estos talleres de actividad física recreativa y social son dirigidos por profesores de Educación Física. Todas las participantes son autovalentes que no presentan contraindicación médica para realizar actividad física moderada. Se entiende como tal, aquella en la cual, en una escala de uno a 100, la intensidad del ejercicio es de 3.0 a 5.9 veces superior a la actividad en reposo, y donde la carga de trabajo fluctúa entre el 60 y 70% de la frecuencia cardiaca máxima de latidos por minuto (OMS, 2010),

Conformación de la muestra

La muestra estuvo compuesta por 44 mujeres mayores autovalentes, la cual se configuró a partir de la población elegible de 113 mujeres. Se realizó una primera selección de 130 individuos dado que mostraban una participación activa en los talleres recreativos y deportivos de la Municipalidad de Talcahuano. Esta convocatoria fue realizada por la Oficina de Deportes de la Municipalidad, previa autorización de la Dirección de Desarrollo Comunitario (DIDECO) motivada por una carta de solicitud del investigador responsable con fecha del 19 de abril de 2016 (ver anexos). La convocatoria se encuentra en oficio N° 805 de la Ciudad de Talcahuano (ver anexos). Asistieron 83 personas. Se da cuenta detallada en qué consistirá la investigación, exponiendo sus objetivos, los beneficios para la comunidad y, también del procedimiento del experimento. Se destacaron las evaluaciones y los dos tipos de entrenamiento (fuerza muscular y capacidad aeróbica) a la cual serán sometidos si aceptan participar del programa. Se informó el tiempo de duración (periodo de 12 semanas más dos semanas de adaptación), número de sesiones a la semana (tres días a la semana, lunes; miércoles; viernes) y los días que se realizarán las evaluaciones. En una primera selección, y de acuerdo a los criterios de exclusión (ver 4.5.1) se definió una muestra de 68 mujeres de una edad entre 60 a 86 años. . El tipo de muestreo que

se utilizó en la investigación fue No Probabilístico Dirigido. Con asignación de sujetos aleatorios voluntarios. La investigación configuró tres grupos equivalentes respecto de la variable respuesta y covariables. Se formaron tres grupos. El primero, de 23 personas, fue definido como grupo control (GC) sólo se les realizaron las mediciones al inicio y término del experimento, no existió intervención alguna. Luego se asignaron 20 mujeres para el Grupo de Trabajo Aeróbico (GA) y 20 restantes para el Grupo de entrenamiento de Fuerza (GF). Fueron asignados por conveniencia de los participantes. Finalmente desertaron 8 personas del GC; 5 del GA y 6 de GF. La tasa de deserción fue de un 30,2%, configurándose así una muestra final de 44 mujeres mayores.

4.3. Criterios de inclusión y exclusión

Como medida de incremento de la representatividad y validez interna del estudio se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

4.3.1. Criterios de inclusión

- Mujeres mayores inscritas y que participen activamente en los talleres la Oficina de Deportes de la Municipalidad de Talcahuano.
- Personas autovalentes sin patologías crónicas y mayores de 60 y menores de 86 años
- Mujeres Mayores que no pertenezcan ni participen en entidades deportivas donde realizan actividad física.
- Asistir al menos al 70% al programa de entrenamiento de contra resistencia y aeróbico.
- Presentar Certificado médico que acredite salud compatible para realizar actividad física moderada (no presentar contraindicación médica de realizar ejercicio, presión arterial no controlada, etc.).
- Antigüedad en el programa municipal de a lo menos 3 meses de participación, con una asistencia permanente.
- Nivel cognitivo que permita la comprensión de órdenes simples.
- Firma de los consentimientos informados antes de comenzar el programa.

4.3.2. Criterios de exclusión

- Pertenecer a una organización o entidad deportiva donde realice actividad física sistemática.
- Ingesta de fármacos que generen contraindicación para realizar actividad física.
- Tener antecedentes de eventos o accidentes de enfermedades coronarias.
- Sujetos con alteraciones neurológicas evidentes.
- Cirugías recientes.
- Uso de prótesis que no le permitan realizar actividades físicas planificadas en el programa.
- No contar con la firma de autorización de consentimiento informado.

4.4. Tamaño muestral

Debido a que no se conocía la varianza poblacional, se procedió a realizar el cálculo mediante la proporción (Sampieri, Collado, Lucio, & Pérez, 1998).

El cálculo del tamaño muestral se definió por $n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p(1-p)a}{(N-1)e^2 + z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$ donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

Z= Desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado.

e= Es el margen de error máximo que se admite (5%)

p= Proporción que esperamos encontrar. Comúnmente se usa p=0.05

Para esta investigación el tamaño muestral FUE:

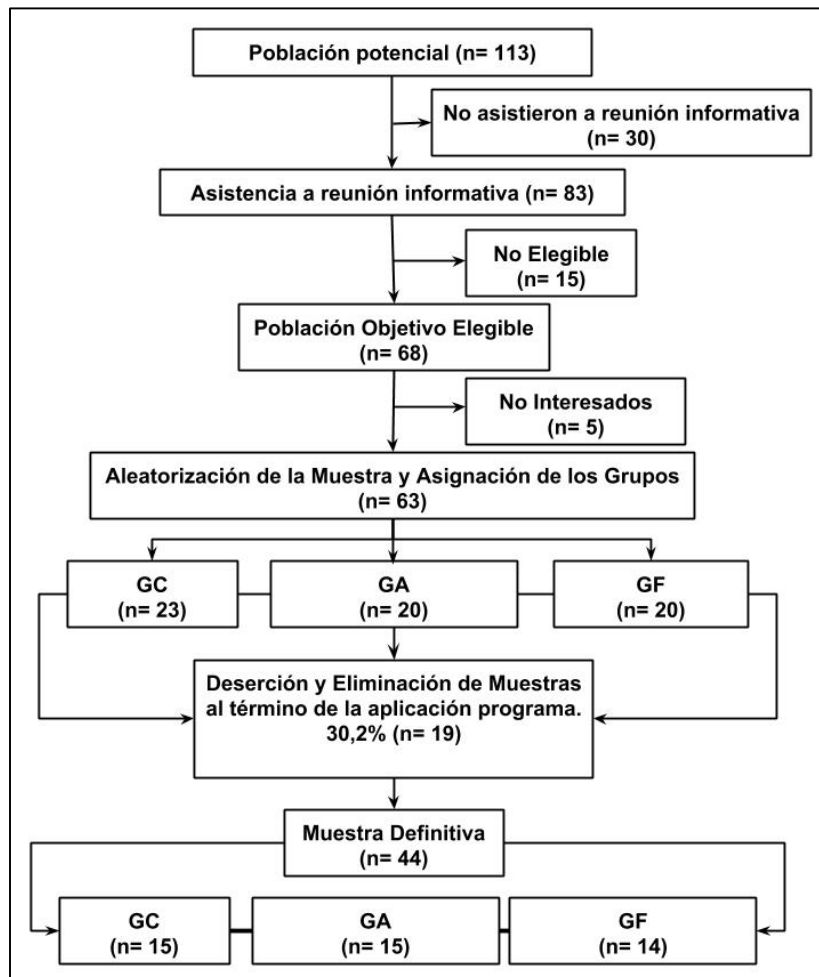
$$n = \frac{113 \cdot 1.96^2 \cdot 0.05(1-0.05)}{(113-1)0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.05 \cdot (1-0.05)} = 44.0$$

Donde: N= 113; Z= 1.96; e= 5%; p= 0.05.

Revisados los datos anteriores, se considera la muestra como representativa, pues se tiene un margen de error de 0,05; la desviación del valor medio es de 1,96% y con un p= 0,05

4.4.1. Esquema de reclutamiento de la muestra.

Figura 1. Reclutamiento muestral



4.5. Característica de los grupos en comparación al inicio de la investigación

Tabla 2 Datos iniciales generales grupos muestrales, según: edad, índice de masa corporal (IMC), C. IPAQ y años de escolaridad

Grupo	GC	GF	GA
Edad (años)	70.39 ± 6.49	66.33 ± 6.04	73.0 ± 6.07
IMC	28.15 ± 3.28	28.52 ± 3.72	28.59 ± 3.85
C. IPAQ	Sedentarias	Sedentarias	Sedentarias
Años Escol.	7 años	7 años	8 años

GC: grupo control; GF: grupo de fuerza; GA: grupo aeróbico; IMC: índice de masa corporal; C. IPAC Coeficiente IPAC; Años Escol: años de escolaridad

La tabla 2 muestra las características generales de los grupos de adultos mayores. En particular la prueba de homocedasticidad aplicada tanto a la edad como al IMC, muestran que las varianzas de los grupos son más bien homogéneas ($p=0,440$ y $p=0,064$ respectivamente). La prueba Anova de un factor verifica lo anterior, al no encontrarse diferencias significativas en la distribución ($p=0,963$ y $p=0,773$ respectivamente).

Una vez definidas las tipologías generales de la muestra, que revelan similitudes respecto de la edad, el IMC, niveles de sedentarismo, C.IPAQ y años de escolaridad, se pasó a un segundo estado donde se definieron los niveles iniciales de las variables controladas por la investigación

Tabla 3 Características descriptivas de la muestra final, (n=44), en relación a características antropométricas, desempeño físico y desempeño cognitivo

	Media		Desv. típ.
Edad	69,20	±	6,41
Características Antropométricas			
Peso (kg)	68,67	±	10,82
Talla (m)	1,55	±	0,07
IMC (kg·m ⁻²)	28,59	±	3,70
Desempeño Físico			
Resistencia máxima desplazada por MMSS (kg)	14,11	±	2,27
Resistencia máxima desplazada por (kg)	46,36	±	3,91
Prueba de marcha de 6 min (m)	409,73	±	56,55
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·día ⁻¹)	16,27	±	1,70
Desempeño Cognitivo			
MINIMENTAL (pts.)	25,84	±	3,14
IMC=índice de masa corporal; RM= repetición máxima expresada en kilogramos; MMSS= miembros superiores; MMII: miembros inferiores; VO _{2max} :consumo máximo de oxígeno estimado expresado términos relativos de (ml·kg ⁻¹ ·día ⁻¹); MINIMENTAL= test de estado cognitivo			

Se observa que la investigación es coherente con el marco teórico, pues mide desempeño en trabajo aeróbico y de fuerza muscular y el desempeño cognitivo. Respecto de este último se destaca que las personas mayores de la muestra, presentan un promedio normal en el test que mide capacidad cognitiva, Minimental, que se describe más adelante.

4.6.Aspectos éticos, descripción de instrumentos y condiciones de aplicación

El inicio de las evaluaciones fueron iniciadas una vez obtenida la debida aprobación del Comité de Ética Institucional de la Universidad de Santiago de Chile, fechada el 17 de abril de 2017 en el Informe Ético N°140 (Ver anexo 4). La aprobación consideró los consentimientos informados de las participantes (Ver Anexo 1). Se deja constancia que las participantes ya tenían una ficha de anamnesis para cada de las personas inscritas en los programas de la Oficina de Deportes de la Municipalidad de Talcahuano. Para mantener la confidencialidad se tomaron todas las precauciones tendientes a resguardar la identidad de las personas. Así, por ejemplo, los nombres propios fueron reemplazados por la designación Sujeto 1, Sujeto 2, etc. Las fotografías no mostraran rostros en un primer plano. Del mismo modo, las muestras sanguíneas sólo fueron utilizadas para este único fin; respetando todo el protocolo clínico que requiere el procedimiento, supervisado por un profesional de la salud y el jefe del Laboratorio Clínico Castellón (encargados de tomar las muestras sanguíneas). Durante la aplicación de los test y tomas de muestra, el investigador responsable estuvo acompañado por un representante de la Municipalidad de Talcahuano cuya función fue supervisar el cumplimiento de los protocolos éticos declarados.

4.7.Descripción, condiciones de aplicación de los test e instrumentos de medición

4.7.1. Test Cognitivo Minimental (MMSE)

Aplicado para conocer el estado cognitivo inicial y final de las participantes:

Permite valorar el estado cognoscitivo de los sujetos y establecer un diagnóstico de la demencia asociada a la edad. Este test se realiza de manera oral y está agrupado en cinco secciones que a la vez contienen once puntos o ítems, donde se utilizó un tiempo aproximado de 10 a 12 minutos por cada persona evaluada. El estado Cognitivo conformado por varias funciones ejecutivas son habilidades propias de la corteza prefrontal y que permite al ser humano establecer ciertas metas, diseñar planes, seguir secuencias temporales, numéricas, seleccionar, diferenciar elementos, autorregular comportamientos, ubicarse en el espacio y tiempo, memorizar y evocar hechos o sucesos (Delgado-Mejía & Etchepareborda, 2013). Por lo tanto las funciones ejecutivas son procesos cognitivos básicos de los individuos desde donde

obtienen conocimiento de la realidad. Es en este sentido que el test expresa los resultados en cinco Ítems o funciones cognitivas: Orientación, Registro, Atención y Cálculo, Recuerdo, Lenguaje. Arrojando un puntaje ideal de 30 puntos; los resultados se interpretan de la siguiente manera:

30-21 Puntos: Normal

20-16 Puntos: Demencia

15 Puntos o menos: Demencia Severa

Este test fue validado en Chile por Pilar Quiroga et al., en el año 2002 y aceptado en la versión corregida en enero de 2004 donde se sometieron a las pruebas a 100 sujetos mayores de 65 años de edad. Este test fue contrastado con el Test de actividades funcionales de Pfeffer. Ambos con un índice de Confianza al 95%.

Para la aplicación del Mini Mental Test se realizó una capacitación a un grupo de seis estudiantes tesistas de pregrado (octavo semestre). Estos estudiantes e investigador responsable, fueron asistidos por una psicóloga que les explicó el protocolo de aplicación, luego de este procedimiento se llevó a cabo una prueba Piloto a un pequeño grupo de adultas mayores con características similares a la de la muestra, cuyo objetivo fue el de unificar criterios y uniformar los protocolos de aplicación para detectar y eliminar posibles errores que pudieran alterar los resultados del test.

El Mini Mental Test Se aplicó a cada grupo por separado. Se realizó en días distintos y pero la misma hora (10.00 A.M.). En el momento de la toma del Test, se contó con la asesoría de la misma profesional mencionada anteriormente. También participó el responsable de la presente investigación. El tiempo de duración del proceso fue de 10 a 12 minutos por persona.

Posteriormente los resultados se llevaron a la tabulación respectiva.

Este mismo protocolo se repitió en la segunda aplicación del test, al término del experimento.

Los Ítems del Test se describen de la siguiente manera.

1. **Ítems Orientación temporal:** permite establecer referencias temporales , información sobre lapsus de duración , organización de los hechos o fenómenos de la realidad, esta sección se compone de 5 preguntas sobre el año, la época del año, el mes, el día de la semana y el día del mes en que se realiza la exploración, cada una de las cuales puntúa 0 (error) o 1 (acierto), con una puntuación que varía de 0 a 5 puntos. Si la exploración se realiza por la noche o a última hora del día, puede concederse como correcta la respuesta del día en curso o la del día siguiente. De la misma manera, en períodos de transición entre estaciones o épocas del año, se puntuaría como correcto responder tanto la que esté vigente como la entrante.
2. **Ítems Orientación espacial:** Permite establecer referencias espaciales, informa sobre las direcciones, distancias, posiciones de determinados sujetos u objetos; se trata de una serie de 5 preguntas, referentes a coordenadas espaciales tales como el país, la región, la localidad y el lugar en que se realiza la exploración. Nuevamente, se puntúa cada una de ellas con 0 o 1, con una puntuación máxima de 5. Cabe añadir que, en lugar del nombre de la localidad (ciudad, pueblo), puede requerirse alternativamente sobre una zona (distrito, barrio, etc.), siempre que sea adecuada para el entorno y se presente con suficiente precisión geográfica. Cuando la exploración tenga lugar en el domicilio del paciente, se podrá preguntar por la estancia o habitación de la vivienda en lugar de la planta o el piso del edificio. La ejecución tiende a mejorar en entornos familiares, sin que eso implique cambiar el criterio de puntuación establecido en el protocolo.
3. **Ítems Fijación:** o también llamado memoria y que consiste en un proceso dinámico y que de uso transitorio de información, cuando realizamos cálculos mentales, mientras mantenemos el recuerdo de una cifra anterior, una palabra o frase en función de un contexto o conversación reciente (Aguado-Aguilar, 2001). Esta sección pretende evaluar la capacidad de la persona para fijar y retener a muy corto plazo 3 palabras no relacionadas entre sí, así como su grado de alerta y atención. Consiste en facilitar las instrucciones al sujeto de manera clara y concisa, y a continuación decir las 3 palabras, con una pausa de aproximadamente 1 s entre ellas. Se anota la respuesta, concediendo 1 punto por palabra correcta (puntuación máxima de 3). El orden de las respuestas es

irrelevante. Si el sujeto no responde correctamente las 3 palabras al primer intento, se repiten hasta que sea capaz de retenerlas; sin embargo, sólo se puntuará el primer intento.

4. Ítems Atención y cálculo: Entendida como la capacidad de recibir, seleccionar y operar ciertas cifras, el sujeto debe realizar mentalmente hasta 5 sustracciones consecutivas de 3 números empezando por el 30, facilitándole un contexto concreto (monedas). Se puntúa 1 por cada respuesta correcta, hasta un máximo de 5 puntos. Se considera correcta una respuesta si es exactamente 3 números inferior a la contestación anterior, con independencia de si esta fue correcta o incorrecta. No se debe repetir la cifra que dé el sujeto. Este ítem está claramente influido por el nivel de escolaridad y la aptitud matemática del sujeto; no obstante, hay que puntuarlo de manera objetiva, sin tomar en consideración estos factores.
5. Ítems Memoria: aquí se evalúa la capacidad de retención a corto plazo del sujeto, pidiéndole que recuerde las 3 palabras aprendidas en la tarea de fijación. Se le puede animar o motivar para que responda en caso de dificultad, pero no estimular ni facilitar ayuda en forma de claves o pistas. Se puntúa igual que la tercera sección, siendo igualmente irrelevante el orden de las palabras evocadas.
6. Ítems Nominación: con este ejercicio se pretende evaluar la capacidad del individuo para reconocer y nombrar 2 objetos comunes, tales como un lápiz y un reloj, los cuales se le muestran de manera física y directa. En caso de necesidad, los objetos propuestos pueden sustituirse por otros equivalentes (p. ej., gafas, silla, llaves, etc.). Cada respuesta correcta se puntúa 1, con un máximo de 2 puntos en esta sección. La respuesta se dará como correcta si la persona identifica el objeto, tanto completa como parcialmente.
7. Ítems Repetición: esta sección valora la capacidad del examinado para repetir con precisión una frase con cierta complicación articulatoria. La emisión de esta frase estímulo debe ser clara y audible en todos sus detalles. La puntuación es 1 si el sujeto repite la frase entera correctamente, y 0 si la repetición no es exacta. Si fuera necesario

(p. ej., en caso de dificultad para oír o comprender la pregunta), se podrá repetir el ejercicio hasta 5 veces, pero se puntuará únicamente el primer intento.

8. Ítems Comprensión: esta tarea evalúa la capacidad del individuo para atender, comprender y ejecutar una tarea compleja en 3 pasos. En caso de que concurra alguna limitación física o motriz que impida al sujeto utilizar su mano derecha o colocar el papel en el suelo, se puede permitir que utilice la mano izquierda o que coloque el papel en la mesa u otra superficie accesible. La puntuación, una vez más, es de 0 (error) o 1 (acierto) en cada una de las operaciones que realizar, con una puntuación máxima de 3. Si la persona no pudiera ejecutar este ejercicio, parcial o totalmente, se puntuaría como error y se anotaría el impedimento o motivo de incapacidad.
9. Ítems Lectura: en esta sección, se evalúa la capacidad del sujeto para leer y comprender una frase sencilla (“cierre los ojos”), la cual se le presenta en una hoja aparte. Solamente se aceptan la respuesta como correcta (1 punto) si la persona cierra los ojos; no debe estimularse esta respuesta. Si concurriera un problema de visión o de analfabetismo que impidiera al sujeto leer la orden, se puntuará la tarea con 0 y se anotaría el motivo de esta puntuación.
10. Ítems Escritura: se evalúa aquí la capacidad del individuo para escribir una frase coherente. La puntuación máxima de 1 punto se concederá cuando la frase escrita sea comprensible, y contenga sujeto, verbo y predicado. Se deben ignorar los posibles errores ortográficos y gramaticales.
11. Ítems Dibujo: esta tarea de copia de 2 pentágonos entrelazados, que se presentan en una hoja separada, evalúa la capacidad visoespacial del explorado. Se puntúa con un 1, exclusivamente, cuando el dibujo realizado represente 2 figuras de 5 lados cada una, entrelazándose para formar una figura de 4 lados. La falta de intersección entre los pentágonos se puntúa con 0. La perfección del dibujo es irrelevante.

4.7.2. Aplicación de la Prueba inmunométrica quimioluminiscente marcada enzimáticamente, de fase sólida.

Test para el factor de crecimiento insulínico tipo 1 IGF-1 o Somatomedina C:

Se realizó una toma de muestras sanguínea cuyo objeto fue medir los niveles basales de IGF-1 de las participantes. La muestra se tomó al inicio del experimento y al término de la intervención (catorce semanas después) a fin de contrastar los niveles del ya mencionado IGF-

Las etapas en que se desarrolló el proceso fueron las siguientes:

1. Lo primero que se hizo fue acordar el día, la hora y lugar en que se realizará la toma de muestra, Luego se les informó que debiesen prepararse con un ayuno previo de 12 horas. Llegado el día y hora definido (8:00 y 9:00 hrs.), El investigador responsable junto al jefe de laboratorio y un equipo de profesionales del Laboratorio Castellón de Concepción, procedió a la extracción de una muestra sanguínea a cada una de integrantes de los grupos de la investigación. De acuerdo al protocolo de procedimiento:
2. Instrucciones especiales a las personas que toman la muestra: No se requieren.

Tipo de muestra: sangre

Tipo de tubo: Tubo de tapa roja (sin anticoagulante)

Cantidad necesaria: de 2- 8 ml.

Condiciones de transporte: Los tubos se transportaron tapados, en forma vertical, en un recipiente o gradilla, dentro de un contenedor sólido a prueba de derrames y a temperatura ambiente.

Para valorar el IGF-1 Cada muestra se dividió en dos tubos con el fin de obtener tipos de suero con propiedades y características distintas. La primera, M1, se expuso a coagulación durante 10 min a temperatura ambiente, mientras que la otra, M2 permaneció 24 horas a 4°C. Luego, cada muestra fue centrifugada (1500xG, 15 min, 4°C) y se recogió la película superior, sobre-nadante. Esta fue congelada a -20°C hasta su análisis. La M1 también se utilizó en la medición de IGF-1.

4.7.3. Test para estimar la capacidad aeróbica Six Minute Walk Test

Test de caminar 6 minutos, de Rikli y Jones:

Esta variable es valorada por indicadores de referencia expresados en percentiles. Se trata de un test indirecto, es decir, de exigencia moderada, específico para adultos mayores. Consiste en caminar al ritmo que le sea más cómodo a cada participante y recorrer la mayor distancia posible en un tiempo de seis minutos, sobre una superficie plana, un rectángulo, de las siguientes dimensiones: 18.4 x 4.6 metros. Este test es recomendado para aplicar tanto a damas como varones, en especial en poblaciones de adultos mayores por su bajo impacto en la capacidad física del sujeto. La prueba tiene por objeto medir la capacidad aeróbica del sujeto, es decir, inferir en forma indirecta el consumo máximo de oxígeno de la persona sometida al test. Fue validado en Chile, en el año 2010, donde se estudiaron 175 individuos sanos que presentaban una espirometría normal, de las cuales 98 eran mujeres, cuyas edades fluctuaban entre 20 y 80 años. Cuyos coeficientes de determinación R^2 fueron de 0,63 y 0,55 para mujeres y hombres respectivamente (Osses et al., 2010).

4.7.4. Test de Fuerza Muscular.

Para estimar la fuerza máxima de la muestra se utilizó el procedimiento de la prueba indirecta del rendimiento máximo (1RM), que se considera el estándar de oro para evaluar la fuerza muscular en situaciones que no sean de laboratorio (Levinger et al., 2009). Para estimar el peso inicial de la prueba, se utilizó el protocolo de 1 RM indirecto de Jurgen Hartman (1996) para valorar la fuerza máxima en mujeres, tanto del tren superior como inferior de los sujetos, expresada en el número total de repeticiones. Que consiste en realizar entre 10 y 12 repeticiones con un peso inicial que no supere el $\frac{1}{4}$ de su peso corporal para el tren inferior y un $\frac{1}{8}$ de su peso corporal para el tren superior; este método se usa habitualmente en principiantes o adultos mayores ya que evita o más bien, disminuye la posibilidad de lesiones y permite una adaptación gradual del ejercicio. Este procedimiento también se aplicará al término del experimento, para buscar posibles cambios en la fuerza tanto de los miembros superiores e inferiores de las personas de ambos grupos experimentales.

La prueba comienza con una preparación de los voluntarios (Calentamiento general y específico) que realiza 10-12 repeticiones con un peso inicial de 1/4 de su peso corporal para 1 RM de miembros Inferiores y un peso inicial del 1/8 de su peso corporal para 1 RM de los Miembros Superiores, luego de un intervalo de 3 a 5 minutos de descanso. Se repite la prueba mediante la adición de un peso de 2-10 kg para cada repetición, teniendo en cuenta la individualidad biológica de los voluntarios. Cada voluntario tenía hasta tres intentos para ejecutar nuevamente el ejercicio con la carga modificada, con intervalos de 3-5 minutos entre cada serie, hasta que no logre hacer las 10 repeticiones, terminando de esta forma el test. Cuando esto ocurrió se utilizó la fórmula de Epley (1985) : $1RM = (1 + 0,0333 * reps) * carga$. El ejercicio para estimar 1RM para los MMII fue: Prensa inclinada de pierna en 45°, y para los MMSS fue: Press Banca.

Definir el 1RM permitió generar el programa de entrenamiento personalizado dirigido a cada una de las participantes de los grupos experimentales y también definir los estados de fuerza muscular iniciales del grupo control.

4.7.5. Medición de la Fuerza Muscular de Brazos y de Piernas.

1. Se citó en un día y a una hora predeterminada (16:00 hrs.) a cada uno de los grupos a las instalaciones del complejo deportivo UNAB de Concepción.
2. Una vez en el gimnasio, se midió la estatura corporal, se toma el peso y la presión arterial. La medición se llevó a cabo en forma individual, a cargo del investigador (profesor de Educación Física) y un equipo colaborador ya descrito. Además se contó con la asistencia de una enfermera. Estos profesionales fueron acompañados, en todo momento, por un representante de la Municipalidad de Talcahuano, cuya función ya fue descrita.
3. Se procedió a un calentamiento general y luego específico se tomó la frecuencia cardiaca a nivel radial en 15 segundos y luego se multiplica por cuatro determinando la frecuencia cardiaca en un minuto. También se realizaron ejercicios con la barra sin peso y el press de banca sin carga. Finalizando el calentamiento con la toma de la presión arterial por una profesional de la salud.

4. Luego correspondió realizar el protocolo para medir la fuerza de brazos (press de banca) que consistió en tomar la posición de cúbito dorsal con los glúteos y caderas sobre una banca, los pies apoyados en el suelo con una separación levemente que la anchura de los hombros del ejecutante. El brazo y el antebrazo deben procurar formar un ángulo de 90°, por lo que se debe flexionar el codo de manera que la barra tomada con las manos que encima del pecho. Desde esta posición debe empujar la barra hacia arriba hasta obtener la extensión total. Se inicia la prueba con un peso no mayor al 1/8 (12,5%) de su peso corporal, partiendo con una barra preolímpica de siete kilos con sus respectivos discos, con un total de 10 a 12 repeticiones (Press de banca) hasta hacer el fallo. Este ejercicio permite realizar un trabajo de la zona superior del cuerpo, activando principalmente los siguientes grupos musculares: pectoral mayor, pectoral menor (aunque en menor demanda) tríceps braquial, deltoides anteriores, serratos y coracobraquial, fundamentalmente.

5. Tras 10 minutos de descanso, se realizó la medición de la fuerza de piernas o tren inferior, situándose el sujeto en posición sentada y con rodillas flectadas, y ambas plantas apoyadas en la base de la prensa, es importante que la ejecutante se “agarre” de las manijas laterales de la máquina ya que permiten mantener la columna en la posición correcta, disminuyendo el riesgo de lesiones y que las piernas puedan ejercer correctamente el ejercicio que consistirá en extender sus piernas y empujar un peso no superior al 1/4 de su peso corporal en un total de 10 a 12 repeticiones hasta lograr el fallo. Activando principalmente los siguientes grupos musculares: Glúteo mayor, cuádriceps, bíceps crural (porción corta y larga), isquiotibiales, gemelo, soleo. Es importante avisar en la última ejecución para que los ayudantes sostengan el peso y evitar posibles lesiones.

6. Posteriormente los resultados se llevaron a la tabulación respectiva. Este mismo protocolo se realizó en una segunda toma de muestras ocurrida al término del experimento.

4.7.6. Evaluación Estado Aeróbico

1. Se citó a cada uno de los grupos en días diferentes y a la misma hora 16:00 Hrs. en las instalaciones del complejo deportivo UNAB de Concepción cuyo objeto fue estimar la capacidad aeróbica (VO_2 máx.). Para ello se usó la Prueba de los 6 minutos de Marcha para Mujeres (Rikli & Jones, 2013). El test fue realizado en el complejo de la Universidad Andrés

Bello porque cumple con las condiciones ideales para realizar el test. Entre estas están: la superficie es una carpeta de poliuretano blanda que, la temperatura es controlada y se cuenta con una enfermería de primeros auxilios. También se dispuso de una silla, para utilizarla como apoyo si lo requiriera o simplemente sentarse.

2. Se inició la prueba con un calentamiento general con ejercicios de estiramientos por un tiempo de 20 minutos. Controlando la frecuencia cardiaca (radial cada 10 minutos)

3. Luego, se procede a tomar la frecuencia cardiaca y la presión arterial mediante el test descrito en 1. Así se pudo estimar el consumo máximo de oxígeno. (Tabla N° 7). Para la valoración funcional, los metros obtenidos versus consumo máximo de oxígeno, se utilizó la Fórmula de Cahalin (VO_2 en ml/kg/min)⁶, citado por Rodríguez (2013).

4. El tiempo total utilizado para realizar esta prueba tuvo una media de 12 minutos. En este lapso se tomó la frecuencia cardiaca radial en 15''; la presión arterial al inicio y término de la prueba; los datos de su Peso y Talla para cálculo de su Índice de Masa Corporal (IMC).

5. El Grupo Control, después de ser evaluado, siguió con sus actividades habituales; por su parte el GA y GF, tuvieron dos semanas de adaptación y luego fueron intervenidos.

4.8. Variables del estudio

La investigación configuró tres grupos equivalentes respecto de la variable respuesta y covariables.

Tabla 4 Presentación de las variables. Definición conceptual y operacional

Variable	Definición Conceptual	Operacional	
		Unidad de Medida	Escala
Variable Independiente Fuerza Muscular	“Es la capacidad de los músculos para generar tensión y por tanto vencer una resistencia determinada” García Gil (2012)	Masa desplazada en Kilogramos	Numérica Continúa (Escala de razón)
Variable Independiente Capacidad Aeróbica.	“Es la capacidad del sistema respiratorio y circulatorio de suministrar oxígeno a los músculos y otros órganos durante la actividad física y permite tolerar el esfuerzo física” Motl and Goldman (2011)	VO ₂ max. (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Numérica Continúa (Escala de razón)
Variable Dependiente Estado Cognitivo	“Condición estable de un conjunto de funciones neurocognitivas (orientación, atención, memoria, lenguaje, visoespacial y ejecutiva, entre otras) necesarias y satisfactorias para el desarrollo de la actividad mental en relación con las exigencias de la vida diaria en múltiples áreas (cotidiana, laboral, social, etc.).Mías, Sassi, Masih, Querejeta, and Krawchik (2007)	Puntos Obtenidos Normal=21-30 pts. Demencia ≤20 pts. Demencia severa ≤15 puntos	Numérica Discreta
Variable Dependiente Factor de Crecimiento Insulínico Tipo 1 IGF-1 o Somatomedina C	Factor que modula la plasticidad sináptica, neurotransmisión, neurogénesis en los adultos (Muller et al., 2012; Nieto-Estévez, Defterali, & Vicario-Abejón, 2016) también se le reconoce como una hormona poli péptida con papeles críticos en la regulación de la plasticidad neuronal (Mass, Ane & Düzel, Sandra, 2016).	ng·ml ⁻¹	Numérica Continúa (Escala de razón)

4.9. Aplicación de programa aeróbico y fuerza

4.9.1. Período de adaptación

Una vez aplicados los test y las mediciones, se inició el período de adaptación para a ambos grupos. Lo primero fue capacitar a las participantes en el uso de la escala esfuerzo percibido de Borg (Borg, 1998), que es una herramienta creada para determinar la intensidad del ejercicio que se está realizando y consiste en combinar el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima que relaciona el esfuerzo percibido con un valor numérico que va entre el 6 y el 20; donde el 6 es la intensidad más baja y el 20 representa la más alta intensidad. Para medir la frecuencia cardiaca se optó por la toma del pulso de muñeca, en la Arteria Radial, que consiste en tomar las pulsaciones usando las yemas de los dedos índice y medio, presionando suavemente la arteria radial en la parte interna de la muñeca por debajo de la base del dedo pulgar, y donde sentirá las palpitaciones del corazón. Desde el momento que ya se ha ubicado los latidos, el profesor o una compañera darán la señal para que se inicie la cuenta, se tomará por un tiempo de 15 segundos y luego esta cantidad se multiplicará por 4. De esta forma se obtendrá las pulsaciones por minuto. Esto se realizó varias veces durante las sesiones y además se ubicó un reloj de pared para que este proceso se realizara en cualquier momento en que las participantes lo requirieran.

1. Luego, tanto con el GA como con el GF, la tarea se orientó al aprendizaje de la utilización y de técnicas en el uso de las máquinas de fuerza. Junto a ello, a se les capacitó en el manejo de la escala de Borg y en la familiarización con los conceptos básicos del entrenamiento como series de ejercicios, intensidad, N° de repeticiones, densidad, etc.
2. El trabajo se desarrolló en forma paralela y tuvo una duración de 12 semanas. Como ya se expuso, el GA practicó un trabajo aeróbico; el GF fue sometido a ejercicios de fuerza muscular. La intervención fue cumplida de acuerdo a los protocolos de intervención de ejercicio físico para adultos mayores definidas por Colegio Americano de Medicina del Deporte citado por Lim (2005). Los parámetros establecen la duración de la sesión, la intensidad del ejercicio, la frecuencia semanal, mediciones de signos vitales constantes durante el trabajo físico, entre otros. Las intervenciones se realizaron en clases de 60 minutos de duración, tres veces a la semana en días alternos.

3. Finalizado el período de adaptación, la investigación ya estuvo en condiciones de iniciar el trabajo de entrenamiento con los dos grupos experimentales, este consintió en someter a los dos grupos experimentales a 12 semanas de entrenamiento sistemático de ejercicio durante 36 sesiones, las intervenciones se realizaron en clases de 60 minutos de duración, tres veces a la semana; ambos grupos trabajaron los días lunes, miércoles y viernes, el GF trabajó entre las 9:00 y las 10:00 Hrs., mientras que el GA lo hizo desde las 10:00 a las 11:00 hrs.
4. Por una razón de contexto, cercanía de las participantes al gimnasio, el GF trabajo en la sala de máquinas del Complejo Deportivo Tumbes, perteneciente a la Municipalidad de Talcahuano y el GA trabajó en el salón de la Sede Comunitaria La Casa de Todos.
5. Cada sesión de ejercicios (tanto aeróbico como de fuerza muscular) se dividió en tres partes:
 - Primera Fase o Calentamiento: luego de dar la bienvenida a las participantes, se entregó el objetivo de la sesión. Al inició se practicó un calentamiento general, poniendo especial énfasis en la movilidad articular, actividades dinámicas y estiramientos. Esta parte de la sesión tuvo una duración aproximada de 15 minutos.
 - Segunda Fase Principal o Desarrollo: Luego de la explicación de los ejercicios a realizar se lleva a cabo el plan de trabajo de fuerza o aeróbico respectivamente. Esta fase tiene una duración aproximada entre los 30 a 35 minutos aproximadamente.
 - Tercera Fase o Final: El objetivo de esta etapa de la clase es realizar ejercicios de vuelta a la calma, ejercicios de respiración, elongación. Esta fase tuvo una duración aproximada de 15 minutos.
6. Evaluación Final: terminada la intervención se procedió a la valoración de las mismas pruebas que se aplicaron al inicio de la investigación. Con las evaluaciones inter e intragrupo de las variables dependientes e independientes se procedió al análisis estadístico. Para el análisis comparativo de los tres grupos se utilizó la prueba de Anova o Kruskal Wallis y utilizando el software estadístico SPSS 20 para Windows.

4.9.2. Descripción de la intervención para cada grupo

Una vez realizados todos los test y mediciones necesarias para determinar el grado cero que permitió iniciar la investigación con dos grupos experimentales definidos, se inició la intervención para cada grupo:

4.9.2.1.El programa de ejercicio de fuerza

Para el GF (ver tabla N4), se inició después de realizar dos semanas de adaptación (como ya se indicó), en la cual se hicieron demostraciones de los ejercicios, explicaciones de la importancia de la técnica del trabajo con pesos reconocer conceptos claves como repeticiones, series etc. a partir del conocimiento del 1 RM de cada una de las participantes.

Se entrega el programa de trabajo individual para cada participante. Éste, es necesario recordarlo, se prolongó por 12 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de tres veces por semana en días alternos (lunes, miércoles y viernes), lo que da un total de 36 sesiones. Las sesiones tuvieron una duración de 60 minutos (OMS, 2010)

Se realizaran cuatro ejercicios por sesión, los que se dividieron en:

- En el día 1 de la Semana: Ejercicios de contra resistencia de miembros superiores (MMSS); 3 ejercicios de los miembros inferiores (MMII); 1 ejercicio de MMSS y 1 ejercicio de la zona media del cuerpo (Grande et al.).
- En el día 2 de la Semana: ejercicio de los miembros inferiores (MMII); 2 ejercicios de contra resistencia de los MMSS; 1 de los MMII y 1 ejercicio de la zona media del cuerpo.
- En el día 3 de la semana: ejercicio de la zona media del cuerpo; 3 ejercicios contra resistencia de los MMII y 1 ejercicio de la Zona media del cuerpo (Grande et al.) Core Training)

La intervención se operacionalizó del siguiente modo en el tiempo:

- a) Semanas 1; 2 y 3. Durante las tres primeras semanas, el número de repeticiones realizadas de cada ejercicio comenzó en 10 repeticiones y el número de series en cada ejercicio comenzó en 2. La intensidad de la carga se estableció con el 50% de 1RM con una densidad de 3 minutos de

recuperación para cada ejercicio (baja). Se utilizó el Carácter de Esfuerzo de 10 (15) para el inicio del programa, la intensidad también se reguló por el número de ejecuciones por minuto (20/batidas/Minutos).

- b) Semanas 4; 5 y 6: Realización de progresiones en todas las variables: El número de repeticiones aumento de 10 a 12, el número de series a 3, la recuperación se disminuyó entre 2.30 a 3 minutos; la intensidad aumentó entre el 50 a 60% de 1RM y el carácter de esfuerzo de 10 a 12 (15). Sin embargo se mantuvo el número de ejecuciones por minuto (20/batidas por minuto)
- c) Semanas 7; 8 y 9: se aumentan las progresiones en todas las variables: El número de repeticiones aumento de 12 a 15, el número de series de 3 a 4; el tiempo de recuperación entre cada serie disminuyó entre 2.00 a 2.30 minutos; la intensidad del ejercicio aumentó al 60% de 1 RM y el carácter de esfuerzo 12 a 15 (20). Se reguló por el número de ejecuciones por minuto (20-25/batidas/minuto)
- d) Semana 10; 11 y 12: Realización de progresiones en todas las variables: El número de repeticiones aumentó de 12 a 15 el número de series a 4, el tiempo de recuperación entre cada serie entre 1:30 a 2:00 minutos; la intensidad del ejercicio > 60 % de 1 RM con un carácter de esfuerzo de 15(20). Se reguló el número de ejecuciones por minuto (25-28/batidas /minuto).

Tabla 5 Programa de Ejercicios de Contra Resistencia Fuerza Muscular.

Semanas	1-3	4 – 6	7 - 9	10 - 12
Intensidad	B	BM	M	MA
% 1RM	50%	50-60%	60%	>60%
Rep	10	10-12	12-15	<15
Nº Series	2	3	3-4	4
Recup.	3 min	2.30 -3 min.	2-2.5 min.	1.5-2 min.

Intensidad: B: Baja BM: Baja Moderada M: Moderada MA: Moderada Alta; %1RM: porcentaje de una repetición máxima del peso que puede levantar; Rep: repeticiones. Nº series: número de series; Recup. : Recuperación entre series (densidad).

4.9.2.2. Programa de Ejercicios Aeróbicos para el GA

El programa de ejercicios aeróbicos se realizó con características metodológicas similares respecto al programa de fuerza, es decir, se trabajó con una frecuencia de tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Las sesiones tuvieron una duración de 60 minutos, llegando a una acumulación de 180 minutos semanales. Las actividades se iniciaron con una progresión de baja intensidad, luego se subió a moderada y finalizó de moderada a vigorosa (García Gil, 2012). Durante toda la intervención las participantes controlaron la intensidad del ejercicio (Karvonen & Vuorimaa, 1988) de acuerdo a escala de percepción del esfuerzo de Borg

y a la frecuencia cardiaca, supervisados por el equipo del investigador. Todo ello siguiendo la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010). La intensidad de trabajo está dada por el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima, entendida como aquella frecuencia que tiene la persona cuando realiza una actividad física a la máxima intensidad posible solicitada en la tarea. Para tener el control sobre la intensidad del ejercicio se trabajó con la fórmula de Karvonen (Karvonen & Vuorimaa, 1988). Que consiste tener en cuenta por un lado la frecuencia cardiaca de reserva que es la diferencia entre la frecuencia cardiaca máxima menos la frecuencia cardiaca de reposo. La frecuencia cardiaca de reserva se multiplicará por el porcentaje de esta al que se quiere trabajar y el resultado obtenido se sumará a la frecuencia en reposo (García Gil, 2012). Y de acuerdo a la ACSM (1998) el intervalo de trabajo ideal con frecuencia cardiaca de reserva es el comprendido entre el 40% y el 70% :

Mínimo: $(FC_{max} - FC_{reposo}) \times 0.4 + FC_{reposo}$

Máximo: $(FC_{max} - FC_{reposo}) \times 0.7 + FC_{reposo}$

La valoración de la máxima función cardiorespiratoria, por medio del consumo máximo de oxígeno fue expresado en términos relativos ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Es importante resaltar que siempre el control de la intensidad del ejercicio estaba dado por las personas que estaban realizando el ejercicio y en forma permanente durante el entrenamiento tomaba la frecuencia cardiaca de las participantes.

El programa de entrenamiento Aeróbico se organizó de la siguiente manera:

- a) Semanas 1; 2 y 3 la parte fundamental de la sesión se realiza baile entretenido con una duración en la parte fundamental de la sesión de 30 minutos a una intensidad baja. El resto del tiempo se distribuye en un calentamiento que incluye mucho trabajo de elongación, coordinación y equilibrio. La intensidad se regula a través de la frecuencia cardiaca a una intensidad de un 50 % de la frecuencia máxima por minuto; además se utilizó para el control de la intensidad la percepción subjetiva de esfuerzo físico de Borg. En esta etapa se trabajó en el intervalo 3-4 de la tabla considerado como esfuerzo leve (Borg, 1998). También se consideró en la selección de la música un grupo temas en que el número de beats por minuto fluctuaba entre los 80 y 90 bpm.

- b) Semanas 4; 5 y 6 se aumentó el volumen de la parte fundamental de la clase 35 minutos y se acrecentó la intensidad del ejercicio aeróbico a un nivel moderado (frecuencia cardiaca entre 55 a 60% frecuencia cardiaca máxima, aumentando el pulso de las canciones entre 90-100 bpm).
- c) Semanas 7; 8 y 9 El volumen de trabajo en la parte fundamental de la sesión aumentó a 40 minutos, con un crecimiento de la intensidad de trabajo a moderado fuerte, donde la frecuencia cardiaca de trabajo se situaba a un 65% de la frecuencias cardiaca máxima estimada. La percepción del esfuerzo se situó entre 14-15 (según escala de Borg). El pulso de la música fluctuó entre 100 y 110 bpm.
- d) Semanas 10; 11 y 12. Corresponde al último periodo del entrenamiento. La intensidad general del entrenamiento va de Moderado a Vigoroso. El volumen de trabajo en la parte fundamental de la sesión llegó a los 45 minutos, que sumado a la parte inicial y cierre de la sesión alcanza una duración total de 60 minutos. La intensidad fue regulada por la frecuencia cardiaca alcanzada en el esfuerzo que debía ser superior al 70% de la frecuencia cardíaca máxima estimada. En adición a lo anterior, la percepción del esfuerzo en esta última etapa debía situarse entre 14-15 en la escala de Borg. El pulso del grupo de temas musicales fluctuó entre los 110 y 120 bpm.

Tabla 6 Programa de Ejercicio Aeróbico.

Semanas	1-2-3	4-5-6	7-8-9	10-11-12
Intensidad	Bajo	Moderado	Moderado fuerte	Moderado a Vigorosa
Volumen (min)	30	35	40	45
Parámetros para el control de Intensidad				
% F.Card.Max.	50	60	65	>70
Percepción subjetiva del esfuerzo (Escala de Borg)	10-11	12-13	14-15	14-15
Beats/min (bpm)	80-90	90-100	100-110	110-120

4.10. Proceso estadístico

El plan de análisis propuesto para la investigación permitirá dar cuenta de los objetivos e hipótesis generales y específicas, según los contrastes necesarios determinados por la investigación para las variables del estudio. En primer término, determinamos la normalidad y la homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas). La normalidad se determinó mediante el “Test de Shapiro–Wilk”. La homocedasticidad se estableció por el test de Levene. En ambas pruebas el nivel de significación fue de ($p < 0,05$), no encontrándose diferencias estadísticamente significativas, por lo cual se asumió utilizar pruebas estadísticas paramétricas para contrastar las muestras de las variables del estudio.

A continuación se describen las variables de las muestras utilizando los siguientes estadísticos descriptivos: La media, la desviación estándar para variables continuas y un intervalo de confianza para la media (IC 95%). Considerando el total de la población evaluada separada en los grupos recién descritos.

Una vez realizados la presentación descriptiva de la población evaluada, correspondió dar inicio a la dimensión comparativa del análisis. Como nuestra decisión metodológica, ya enunciada, fue la utilización de estadísticos paramétricos y considerando los tres grupos investigados, se aplicó el estadístico de Anova de una vía para muestras independientes. Prueba que, precisamente, permite detectar diferencias en las medias entre los grupos e intra grupos. Para determinar entre qué grupos están dichas diferencias se utilizó un análisis post-hoc de Bonferroni. El nivel de significación para ambas pruebas fue de ($p < 0,05$).

En una segunda etapa de la dimensión comparativa, que comprende las confrontaciones entre los grupos, se buscó determinar si existen diferencias significativas. El estadístico utilizado para estos fines es la prueba de test t (T Student) para muestras independientes, esta es una prueba paramétrica de comparación de medias de muestras no relacionadas (Rubio Hurtado & Berlanga Silvente, 2012)

A partir de este contraste en nuestra investigación se determinó el valor del tamaño del efecto, mediante el estadístico de Cohen, (Cohen, 1988), que permite cuantificar la magnitud del efecto de las diferencias entre las medias encontradas, se utiliza para saber en qué medida se espera la ocurrencia de este fenómeno en la población. La cuantificación se estima de acuerdo

a los siguientes valores: de menos de 0.4 representaron una pequeña diferencia, mientras que los tamaños del efecto de 0.41-0.7, representaron diferencias moderadas, de 0.7 y mayores diferencias grandes (Thomas, Silverman, & Nelson, 2015).

Finalmente, para determinar el tamaño del efecto en la comparación post intervención a nivel intergrupo, se aplicó “un eta al cuadrado (η^2) por cada variable.

Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico SPSS versión 23.0 (Inc, 2007)

Capítulo V. Presentación De Resultados y Discusión

5.1. Resultados

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos por la presente investigación, cuyo objetivo, es necesario de remarcar, fue conocer los efectos del entrenamiento físico en el estado cognoscitivo de mujeres mayores de la comuna de Talcahuano, el que estuvo constituido por una muestra de mujeres mayores ($n=44$) agrupadas en tres grupos: Grupo Control (GC); un grupo GA que fue sometido a ejercicios aeróbicos o cardiorespiratorios, estimándose el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) y un grupo GF intervenido con ejercicios de fuerza muscular a partir de la resistencia máxima muscular (RM), expresada en kilogramos desplazados.

Para el análisis se incluyeron variables de desempeño físico y cognitivo, además de la concentración de factores de crecimiento insulínico (IGF-1) al inicio y al término del experimento de 12 semanas. La valoración de la máxima función cardiorespiratoria, por medio del consumo máximo de oxígeno fue expresado en términos relativos ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Para el desempeño muscular se consideró el Test de Resistencia Máxima de fuerza muscular (RM) para extremidades superiores (MMSS) e inferiores (MMII). Los resultados de esta prueba se describen en términos de masa desplazada en kilogramos (Kg.). Con respecto al desempeño cognitivo se consideraron los puntajes totales del Minimental Test (MMSE) y de cada una de las dimensiones ejecutivas que valora dicho test. Además se midió la concentración de IGF-1 expresado en nanogramos por mililitros ($n \cdot ml^{-1}$) de sangre. Los cálculos para los resultados obtenidos en todas las variables de estudio consideraron un intervalo de confianza del 95%. Todos los abordajes experimentales, consideraron diferencias significativas para un valor de significación $p < 0,05$.

5.1.1 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO_2 máx.), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Pre-test.

En la Tabla 7 se muestra el análisis intergrupo efectuado previo a la intervención. El objetivo fue conocer la resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS) y de los miembros inferiores (MMII); determinar la capacidad aeróbica (VO_2 máx.), el estado cognitivo (MMSE) y la concentración de factores de crecimiento (IGF-1).

Los valores obtenidos en cada prueba fueron examinados en términos de Homocedasticidad con el test de Levene (1960), que examina la homogeneidad de las varianzas. Se observó que los grupos presentaron varianzas similares para todas las variables estudiadas (MMSS: $p=0,821$; MMII: $p=0,860$; VO2max: $p=0,224$; MMSE: $p=0,610$; IGF-1: $p=0,185$). Adicionalmente la prueba ANOVA de una vía para medidas independientes permitió establecer además que las variables examinadas, no presentaron diferencias de medias significativas pre-test (MMSS: $p=0,649$; MMII: $p=0,079$; VO2max: $p=0,540$; MMSE: $p=0,066$; IGF-1: $p=0,298$). Se concluye que las participantes de los grupos presentan condiciones de entrada similar y homogénea.

Tabla 7 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO₂máx.), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Pre-test.

	GC (n =15)		GA (n =15)		GF (n=14)		Comparación Intergrupo [§]		
	M±SD	CI (95%)	M±SD	CI (95%)	M±SD	CI (95%)	F	valor p	Parcial Eta ²
RM MMSS	13,67±1,91	12,61-14,73	14,40±2,38	13,08-15,72	14,29±2,58	12,79-15,78	0,437	0,649	0,1
RM MMII	44,53±3,50	42,59-46,47	47,20±3,91	45,03-49,37	47,43±3,88	45,19-49,67	2,701	0,079	0,4
VO2 máx.	16,13±1,80	15,14-17,13	16,02±2,06	14,88-17,16	16,69±1,10	16,06-17,32	0,625	0,540	0,2
MMSE	24,33±3,52	22,38-26,28	26,80±2,76	25,27-28,33	26,43±2,65	24,90-27,96	2,912	0,066	0,5
IGF-1	91,41±23,10	78,61-23,10	107,88±28,56	92,07-123,69	105,42±39,08	82,86 -127,99	1,246	0,298	0,2

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); §=análisis multivarianza de un factor (Grupo); Eta²= Tamaño del Efecto; a,b,c= post hoc Bonferroni significativo

5.1.2 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO₂máx.), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Post test.

En la Tabla 8 se muestra el análisis intergrupo post intervención realizado para la prueba de resistencia máxima de fuerza muscular (RM) desarrollada en las extremidades superiores (MMSS) e inferiores (MMII). Los resultados obtenidos por medio de la prueba de comparación múltiple (ANOVA de un factor para muestras independientes), arrojaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (GC- GA- GF) respecto de los valores de la RM post intervención. Para la RM de las extremidades superiores el valor que se obtuvo fue de ($F=26,4$; $p<0,001$). Para

las inferiores fue de ($F=25,6$; $p<0,001$). La medición entregó un Eta^2 calculado de una magnitud de efecto grande ($\text{TE MMSS}= 0,7$ y $\text{TE MMII}=0,6$ respectivamente).

En el análisis post hoc se encontraron diferencias significativas en cada par de contraste, entre los grupos control (GC), grupo de entrenamiento aeróbico (GA) y grupo de entrenamiento de fuerza (GF), cuyos resultados observados fueron los siguientes (GC-GA: $p = 0,000$; GC-GF: $p = 0,00$ y GA-GF: $p =0,000$). Estos dejan en evidencia que el GC presentó la RM de MMSSS promedio más baja ($13,47\pm2,77$ kg); luego el GA obtuvo un ($21,40\pm4,75$ kg) y el GF obtuvo el mejor rendimiento de un ($23,57\pm4,13$ kg). El análisis de medias post intervención de la RM de las extremidades inferiores, arrojó también diferencias estadísticamente significativas ($F=25,506$; $p=0,000$). El análisis post hoc estableció diferencias significativas en dos de los tres contrastes (GC-GA: $p = 0,000$; y GC-GF: $p =0,000$). Los resultados permitieron establecer que el GC presentó la RM de MMII promedio más bajo ($44,13\pm4,69$ kg) y que el GA y GF presentaron rendimientos similares. El primero obtuvo un ($64,33 \pm 18,46$ kg) y el segundo un ($77,79 \pm 26,07$ kg).

En relación con el $\text{VO}_2\text{máx.}$ estimado para los grupos estudiados, el contraste múltiple post intervención no presentaron diferencias significativas entre los grupos ($F=1,885$; $p=0,165$). En definitiva, una vez finalizada la intervención, el $\text{VO}_2\text{máx}$ de cada grupo fue similar. Respecto del estado cognitivo (MMSE), los resultados obtenidos por medio de la prueba de comparación múltiple (ANOVA de un factor para grupos independientes), arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos respecto de los valores del Minimental Test ($F=21,5$; $p=0,000$), con un Eta^2 calculado de una magnitud de efecto grande ($\text{TE}= 0,8$). En el análisis post hoc, se encontraron diferencias significativas en dos de los tres contrastes, cuyos resultados fueron los siguientes: para el par GC-GA ($p = 0,000$); para el par GC-GF ($p =0,000$). El GC presentó el puntaje promedio en el test más bajo ($22,88\pm3,33$ pts.), mientras que el GA y GF presentaron rendimientos similares GA ($=28,13 \pm 2,26$) y GF ($=28,57 \pm 1,83$) respectivamente.

Resultados similares a los anteriores, se encontraron en la prueba de comparación múltiple (ANOVA de un factor para grupos independientes) que analizó los resultados post test para la concentración de IGF-1. La prueba arrojó diferencias significativas entre los grupos ($F=3,336$; $p=0,044$), con un Eta^2 calculado de una magnitud de efecto grande ($\text{TE}= 0,4$).

En el análisis post hoc, se encontraron diferencias significativas en dos de los tres contrastes cuyos resultados fueron los siguientes: para el par GC-GE1 un ($p = 0,000$); para el par GC-GE2 un ($p = 0,000$).

En relación con la concentración de IGF-1, El GC presentó el puntaje promedio más bajo ($92,34 \pm 22,80 \text{ n} \cdot \text{ml}^{-1}$); mientras que el GA y GF presentaron rendimientos similares: el GA obtuvo un ($=109,33 \pm 28,74 \text{ n} \cdot \text{ml}^{-1}$) y el GF un ($=127,14 \pm 51,56 \text{ n} \cdot \text{ml}^{-1}$).

Tabla 8 Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Post test.

	GC (n =15)		GA (n =15)		GF(n=14)		Comparación Intergrupo §		
	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	F	p valor	Eta ² Parcial
RM MMSS	13,47 ±2,77 ^{b,c}	11,93-15,00	21,40±4,75 ^{a,c}	18,77-24,03	23,57±4,13 ^{a,b}	21,19-25,95	26,443	0,000	0,7
RM MMII	44,13±4,69 ^{b,c}	41,54-46,73	64,33±18,46 ^a	54,11-74,56	77,79±26,07 ^a	62,73-92,84	25,506	0,000	0,6
$\text{VO}_{2\text{máx}}$.	15,79±2,15	11,60-16,98	16,59±1,43	15,80-17,38	16,91±1,02	16,32-17,50	1,885	0,165	0,2
MMSE	23,47±2,80 ^{b,c}	21,92-25,02	28,13±2,26 ^a	26,88-29,39	28,57±1,83 ^a	27,52-29,63	21,572	0,000	0,8
IGF-1	92,34±22,80 ^{b,c}	79,72-104,96	109,33±28,74 ^a	93,41-125,24	127,14±51,56 ^a	97,37-156,91	3,366	0,044	0,4

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); §=análisis multivarianza de un factor (Grupo); Eta²= Tamaño del Efecto.; a,b,c= post hoc Bonferroni significativo

5.1.3. Comparación Intragrupo pre y postest de la capacidad aeróbica ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1).

En la Tabla 9 se muestra la comparación intragrupo de la capacidad aeróbica ($\text{VO}_{2\text{max}}$), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1). Los resultados obtenidos por medio de la prueba de comparación de muestras relacionadas ("t" de Student o Wilcoxon Test), arrojó diferencias estadísticamente significativas pre y post test únicamente para los grupos experimentales (GE₁ y GE₂).

Respecto de la resistencia máxima de fuerza muscular (RM), el GF experimentó un cambio significativo en las extremidades superiores con un (66,8%; $p=0,01$; TE=2,4) y en las inferiores un (65,4%; $p=0,001$; TE=1,1). Al igual que GF, el GA incrementó significativamente la resistencia máxima de la fuerza muscular de las extremidades superiores con un (53,1%; $p=0,01$; TE=1,2) y en las inferiores un (36,6%; $p=0,003$; TE=0,9). De acuerdo a los criterios establecidos por Hopkins (1997), la magnitud del efecto del entrenamiento es grande, en ambas modalidades de entrenamiento.

La capacidad aeróbica, expresada en el consumo máximo de oxígeno estimado: ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), derivado de la prueba de marcha, arrojó diferencias estadísticamente significativas solo en el GA, con un valor de (4,3%; $p=0,03$; TE=0,7). El tamaño del efecto permitió apreciar que la magnitud de las diferencias pre-post test para el grupo de entrenamiento aeróbico fue grande.

El estado cognitivo, expresado en el puntaje de la prueba Minimental (pts.), presentó cambios significativos, para el GA un (5,5%; $p=0,011$; TE=0,8) y para el GF un (8,8% $p=0,014$; TE=1,0). La magnitud del efecto para ambos grupos fue grande.

Respecto de la concentración del factor de crecimiento IGF-1, existieron diferencias pre-post test estadísticamente significativas en ambos grupos intervenidos. Así el GA obtuvo un ($p=0,014$) y el GF un ($p=0,005$). Por su parte, los cambios experimentados por el GF fueron mayores en proporción y magnitud con los valores de (20,4%; TE=0,9 vs $\uparrow$ 2,1%; TE=0,1).

La tabla muestra, también, los resultados intergrupo respecto del puntaje total obtenido en el (MMSE) pre test. En la prueba de Kruskal Wallis para medidas independientes arrojó que no existen diferencias significativas en las medidas del estado cognitivo general ($p=0,07$), así como en las subpruebas del Minimental Test. La orientación temporal, OT, presentó un ($p=0,33$), la orientación espacial, OE, un ($p=0,60$), la atención y cálculo, AYC, un ($p=0,05$), el recuerdo, REC, ($p=0,51$) y el lenguaje y comunicación, LYC, un ($p=0,48$).

Tabla 9 Comparación Intragrupo pre y postest de la capacidad aeróbica (VO₂máx), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1).

	GC (n =15)				GA (n =15)				GF (n=14)			
	Pre	Post	Valor p	TE	Pre	Post	Valor p	TE	Pre	Post	Valor p	TE
VO ₂ máx.	16,13±1,80	15,79±2,15	0,451 ^b	0,3	16,02±2,06	16,59±1,43	0,030 ^b	0,7	16,69±1,10	16,91±1,02	0,105 ^a	0,5
RM MMSS	13,67±1,91	13,47±2,77	0,745 ^a	0,1	14,40±2,38	21,40±4,75	0,010 ^b	1,2	14,29±2,58	23,57±4,13	0,011 ^b	2,4
RM MMII	44,53±3,50	44,13±4,69	0,531 ^a	0,2	47,20±3,91	64,33±18,46	0,003 ^a	0,9	47,43±3,88	77,79±26,07	0,001 ^b	1,1
MMSE	24,33±3,52	23,47±2,80	0,316 ^a	0,3	26,80±2,76	28,13±2,26	0,011 ^b	0,8	26,43±2,65	28,57±1,83	0,004 ^b	1,0
IGF-1	91,41±23,10	92,34±22,80	0,347 ^a	0,3	107,88±28,56	109,33±28,74	0,014 ^a	0,1	105,42±39,08	127,14±51,56	0,005 ^a	0,9

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); a= corresponde a la Prueba T Student; b= corresponde a la Prueba de Wilcoxon; TE= Tamaño del Efecto.

5.1.4. Comparación Intergrupo de los puntajes totales del estado cognitivo (MMSE) y de las funciones ejecutivas y Pre test.

En la Tabla 11 se muestran los resultados de la comparación intergrupo del Minimental Test (MMSE) y las subpruebas de orientación temporal (OT), orientación espacial (OE), atención y cálculo (AYC), recuerdo (REC) y lenguaje y comunicación (LYC). Los resultados arrojaron diferencias estadísticamente significativas post intervención en el 80% de las subpruebas.

En detalle, las subpruebas de orientación espacial (OE) y, atención y cálculo (AYC) presentan diferencias significativas (OE-AYC; $p=0,000$) y de magnitud grande ($TE=0,4$). En ambos casos los puntajes promedio más bajos, corresponden al GC (OE= 4,40±0,51 pts.; AYC=2,07±1,67 pts.), seguido del GA (OE= 4,93±0,26 pts.; AYC=4,13±1,19 pts.). EL GF obtuvo los mejores resultados en ambas subpruebas (OE= 5,00±0,00 pts.; AYC=4,57±0,85 pts.). En la subprueba de orientación temporal (OT), el GC, GA y GF no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($F=2,08$; $p=0,135$), mientras que en la subpruebas de recuerdo (REC) y lenguaje y comunicación (LYC), los grupos presentan diferencias significativas (REC: $F=4,62$; $p=0,015$; LYC: $F=6,15$; $p=0,005$). El Eta² calculado, arrojó una magnitud de diferencias de tamaño medio. En ambos casos el análisis post hoc arrojó que el GC fue distinto

para el GA y el GF ($p < 0,05$). En estas pruebas, al igual que OE y AYC, el GC presentó los promedios de puntaje más bajos ($REC = 1,93 \pm 1,16$ pts.; $LYC = 7,73 \pm 0,88$ pts.), en recuerdo (REC) al GC le siguió el GF ($2,57 \pm 0,65$ pts.) y el GA obtuvo el mejor rendimiento ($2,80 \pm 0,41$ pts.). Finalmente, en lenguaje y comunicación (LYC) el GF obtuvo el mejor rendimiento ($8,57 \pm 0,51$ pts.), luego vino el GA ($8,53 \pm 0,74$ pts.) y el GC

En primera instancia, que para cada una de las dimensiones así como en el puntaje total de la prueba de estado cognitivo, los puntajes entre los grupos son equivalentes en el pre test (Test de Leven de homocedasticidad $> 0,05$). La prueba ANOVA de muestras independientes, complementa lo anterior, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en los puntajes de cada una de las dimensiones del test, así como en el puntaje total de la prueba ($p > 0,05$)

Tabla 10 Comparación Intergrupo de los puntajes totales del estado cognitivo (MMSE) y de las funciones ejecutivas y Pre test.

	GC (n =15)		GA (n =15)		GF (n=14)		Comparaciones Intergrupo [§]		
	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	F	valor p	Eta ² Parcial
OT	4,93±0,25	4,80-5,07	5,00±0,00	4,89-5,13	4,86±0,36	4,72-4,99	1,14	0,33	0,05
OE	4,80±0,41	4,57-5,03	4,93±0,26	4,71-5,16	4,79±0,58	4,55-5,01	0,52	0,60	0,02
AYC	2,07±1,79	1,19-2,95	3,60±1,68	2,72-4,48	3,21±1,58	2,30-4,13	3,34	0,05	0,14
REC	1,80±1,15	1,30-2,30	2,20±0,86	1,70-2,70	1,93±0,83	1,41-2,45	0,68	0,51	0,03
LYC	8,00±0,85	7,59-8,41	8,20±0,86	7,79-8,61	8,36±0,63	7,93-8,78	0,75	0,48	0,04
MMSE	24,33±3,52	22,77-25,90	26,80±2,76	25,23-28,37	26,43±2,65	24,80-8,05	2,91	0,07	0,12

OT =Organización Temporal OE=Orientación Espacial AYC= Atención y Cálculo REC= Recuerdo LYC= Lenguaje y Comunicación M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); §=análisis multivarianza de un factor (Grupo); a,b,c= Bonferroni significativo (No se observan diferencias significativas); Eta²= Tamaño del Efecto .

5.1.5. Comparación intergrupo dimensiones ejecutivas del estado cognitivo (MMSE) Post test.

La tabla 12 muestra la comparación intergrupo de las dimensiones ejecutivas del estado cognitivo (MME) post Test.

En detalle, las subpruebas de orientación espacial (OE) y, atención y cálculo (AYC) presentan diferencias significativas (OE-AYC; $p=0,000$) y de magnitud grande ($TE=0,4$). En ambos casos los puntajes promedio más bajos luego de la intervención, corresponden al GC (OE= $4,40\pm 0,51$ pts.; AYC= $2,07\pm 1,67$ pts.), seguido del GA (OE= $4,93\pm 0,26$ pts.; AYC= $4,13\pm 1,19$ pts.). EL GF obtuvo los mejores resultados en ambas subpruebas (OE= $5,00\pm 0,00$ pts.; AYC= $4,57\pm 0,85$ pts.). En la subprueba de orientación temporal (OT), el GC, GA y GF no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($F=2,08$; $p=0,135$), mientras que en la subpruebas de recuerdo (REC) y lenguaje y comunicación (LYC), los grupos presentan diferencias significativas (REC: $F=4,62$; $p=0,015$; LYC: $F=6,15$; $p=0,005$). El η^2 calculado, arrojó una magnitud de diferencias de tamaño medio. En ambos casos el análisis post hoc reveló que el GC obtuvo resultados post test diferentes a los grupos de adultas mayores sometidas a entrenamiento ($p<0,05$). En estas pruebas, al igual que OE y AYC, el GC presentó los promedios de puntaje más bajos (REC= $1,93\pm 1,16$ pts.; LYC= $7,73\pm 0,88$ pts.), en recuerdo (REC) al GC le siguió el GF ($2,57\pm 0,65$ pts.) y el GA obtuvo el mejor rendimiento ($2,80\pm 0,41$ pts.). Finalmente, en lenguaje y comunicación (LYC) el GF obtuvo el mejor rendimiento ($8,57\pm 0,51$ pts.), luego vino el GA ($8,53\pm 0,74$ pts.) y finalmente el GC ($7,73\pm 0,88$ pts.)

Tabla 11 Comparación intergrupo dimensiones ejecutivas del estado cognitivo (MMSE)

Post test.

	GC (n =15)		GE1 (n =15)		GE2 (n=14)		F	Comparaciones Intergrupo [§]	
	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)		valor p	Eta ² Parcial
OT	4,87±0,35	4,76-4,97	5,00±0,00	4,89-5,11	5,00±0,00	4,89-5,11	2,08	0,135	0,09
OE	4,40±0,51 ^{b,c}	4,23-4,57	4,93±0,26 ^{a,c}	4,76-5,11	5,00±0,00 ^{a,b}	4,82-5,18	14,44	0,000	0,41
AYC	2,07±1,67 ^{b,c}	1,40-2,74	4,13±1,19 ^{a,c}	3,46-4,81	4,57±0,85 ^{a,b}	3,88-5,27	15,87	0,000	0,44
REC	1,93±1,16 ^b	1,51-2,36	2,80±0,41 ^a	2,38-3,22	2,57±0,65	2,14-3,01	4,62	0,015	0,18
LYC	7,73±0,88 ^{b,c}	7,35-8,12	8,53±0,74 ^a	8,15-8,92	8,57±0,51 ^a	8,18-8,10	6,15	0,005	0,23
MMSE	23,47±2,80 ^{b,c}	21,92-25,02	28,13±2,26 ^a	26,88-29,39	28,57±1,83 ^a	27,52-29,63	21,572	0,000	0,8

OT =Organización Temporal **OE**=Orientación Espacial **AYC**= Atención y Cálculo **REC**= Recuerdo **LYC**= Lenguaje y Comunicación **M±SD** = medias y desviación estándar; **CI**= Intervalo de Confianza (CI 95%); **§**=análisis multivarianza de un factor (Grupo); **a,b,c**= Bonferroni significativo; **Eta²**= Tamaño del Efecto .

5.1.6. Comparación intragrupo de las dimensiones ejecutivas del Minimental Test y sus respectivas dimensiones del pre y post test.

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la comparación intragrupo del Minimental Test (MMSE) y sus respectivas dimensiones o funciones ejecutivas: orientación temporal (OT), orientación espacial (OE), atención y cálculo (AYC), recuerdo (REC) y lenguaje y comunicación (LYC). Los resultados revelan que a nivel intragrupo, existen sólo diferencias significativas en la subprueba de Atención y Cálculo. Tal diferencia sólo se apreció en el GF ($p=0,004$; $TE=0,5$). Los resultados mostraron que el rendimiento post test ($4,57\pm0,85$ pts.) fue superior al mostrado en el pre test ($3,21\pm1,58$ pts.)

La tabla muestra los resultados del análisis comparativo intragrupo realizado para establecer las diferencias pre-post intervención en las dimensiones ejecutivas del Minimental Test en cada uno de los grupos. Los resultados evidencian que el grupo control no presenta diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las dimensiones al finalizar el periodo de intervención. En definitiva los puntajes parciales y el puntaje general del test Minimental permanecen sin cambios relevantes. Por otra parte el GE1 presenta diferencias estadísticamente significativas solo al considerar el puntaje total del test ($p=0,011$; incremento del 5%). Los puntajes parciales del Minimental test en este grupo, permanecen sin variaciones importantes luego de la intervención. Finalmente los resultados post

intervención en el GE2, revelaron diferencias significativas en el puntaje de la dimensión Atención y Cálculo ($p=0,004$; incremento del 42,4%). Al considerar el puntaje total en la prueba de estado cognitivo, también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,004$; incremento del 8,1%).

Tabla 12 Comparación intragrupo de las dimensiones ejecutivas del Minimental Test y sus respectivas dimensiones del pre y post test.

	GC (n =15)				GE1 (n =15)				GE2 (n=14)			
	Pre	Post	Valor p	TE	Pre	Post	Valor p	TE	Pre	Post	Valor p	TE
OT	4,93±0,26	4,87±0,35	1,00 ^b	0,1	5,00±0,00	4,87±0,52	1,000 ^b	0,2	4,86±0,36	5,00±0,00	0,500 ^b	0,3
OE	4,80±0,41	4,47±0,52	0,12 ^b	0,3	4,93±0,26	4,80±0,77	1,000 ^b	0,1	4,79±0,58	5,00±0,00	1,000 ^b	0,3
AYC	2,07±1,79	2,07±1,67	1,000 ^b	0,0	3,60±1,69	4,13±1,19	0,074 ^b	0,2	3,21±1,58	4,57±0,85	0,004 ^b	0,5
REC	1,80±1,15	1,93±1,16	1,000 ^b	0,1	2,20±0,86	2,80±0,41	0,063 ^b	0,4	1,93±0,83	2,57±0,65	0,072 ^b	0,4
LYC	8,00±0,85	7,73±0,88	0,751 ^b	0,2	8,20±0,86	8,53±0,74	0,371 ^b	0,2	8,36±0,63	8,57±0,51	0,373 ^b	0,2
MMSE	24,33±3,52	23,47±2,80	0,316 ^a	0,3	26,80±2,76	28,13±2,26	0,011 ^b	0,8	26,43±2,65	28,57±1,83	0,004 ^b	1,0

OT =Organización Temporal **OE**=Orientación Espacial **AYC**= Atención y Cálculo **REC**= Recuerdo **LYC**= Lenguaje y Comunicación **M±SD** = medias y desviación estándar; **CI**= Intervalo de Confianza (CI 95); **a**= corresponde a la Prueba T Student; **b**= corresponde a la Prueba de Wilcoxon; **TE**= Tamaño del Efecto.

En el próximo apartado se presentará la discusión de los resultados, derivados de la presente investigación y se contrastarán en el contexto de lo que otros investigadores han encontrado en estudios similares.

5.2. Discusión

El propósito de esta investigación doctoral fue conocer los efectos de diferentes tipos de ejercicio físico sobre el estado cognitivo de mujeres mayores (de una edad promedio de 69,3±6,4 años). Ellas fueron intervenidas por medio de dos programas de entrenamiento. Un grupo realizó ejercicios aeróbicos y el otro un programa de ejercicios de contra resistencia muscular. Un tercer grupo, control, no fue intervenido físicamente y siguió realizando actividades normales de su vida diaria. A fin de determinar el efecto ya descrito, en todas las mujeres que participaron en este estudio, se midieron las variables de control antes y después de la intervención.

Tal como ya se ha explicado, el trabajo tuvo una duración de doce semanas, con una frecuencia de tres veces a la semana en días alternos. Cada sesión tuvo una duración de 60

minutos, Esto se determinó de acuerdo a las recomendaciones dadas por organizaciones especializadas y por investigadores del área. Entre ellas y ellos están el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 1998; Kraemer et al., 2002; OMS, 2010) que sugieren esta periodicidad para generar efectos tanto en la mejora de la fuerza, como en la condición física general de personas de mediana y edad avanzada. Una revisión sistemática realizada por Bouaziz et al. (2017) que tuvo como objetivo buscar los beneficios que tiene para la salud la aplicación de programas de entrenamiento aeróbico y de fuerza muscular, consideró un total de cincuenta y tres estudios efectuados entre 1998 y el año 2015 e incluyó un universo de 2.051 personas mayores de 70 años. El autor muestra que existe una gran heterogeneidad de diseños las investigaciones. Se destaca que los tipos de ejercicio y la duración de la intervención también son muy diferentes. El rango va de ocho a treinta y dos semanas

Al comparar la revisión de Bouaziz et al., con la presente investigación se encuentran coincidencias en las variables básicas del entrenamiento como la frecuencia (tres veces a la semana) y la duración de las sesiones, pero las similitudes llegan hasta aquí, pues los programas de entrenamiento presentados en la revisión, muy heterogéneos como ya se anotó, muestran significativas diferencias, especialmente en la intensidad del ejercicio. Algunos trabajaron entre baja a mediana intensidad y otros desde mediana a alta intensidad. Últimos programas donde se alcanzaron frecuencias cardíacas máximas sobre los 70% latidos por minuto. Se constata que esto es altamente inconveniente y atenta contra uno de los principios básicos del ejercicio que es la efectividad y la seguridad. Cuestiones que la intervención practicada con las mujeres mayores de Talcahuano observó minuciosamente. Así en todas las sesiones de la intervención practicadas se realizaron acorde a los protocolos recomendados por la OMS (2010) y la ACSM (1998) que proponen iniciar el programa de ejercicios a una intensidad suave (frecuencia cardíaca max. menor a 50% latidos por minutos) hasta llegar a ejercicios de intensidad moderada (frecuencia cardíaca max. que fluctúan entre el 50 al 70% latidos por minuto). Precaución que se debe tomar con adultos mayores no entrenados.

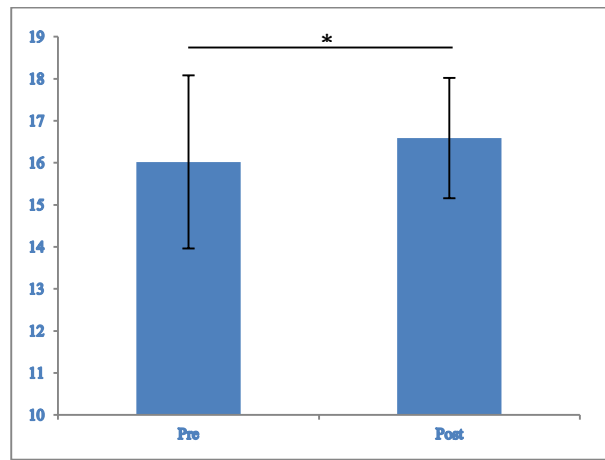
Explicadas las diferencias y, también, destacada la rigurosidad de la presente investigación en lo referido a frecuencia de entrenamiento, observación de protocolos, uniformidad de mediciones, importa ahora destacar que todos los trabajos que forman parte de la revisión sistemática de Bouaziz et al., reportan un efecto positivo, un mejoramiento, del estado

cognitivo de los y las participantes, inducido por la práctica física, especialmente en las intervenciones aeróbicas. A pesar de ello, y en general, la revisión concluye en que aún no está claro cuál sería el programa de ejercicio físico óptimo para determinar cambios fisiológicos y cognitivos de los adultos mayores, principalmente por la ausencia de protocolos claros y homogéneos de intervención. De ahí que, se insiste, la presente investigación cobra relevancia al presentar un diseño de entrenamiento que sigue los protocolos recomendados por organizaciones internacionales de la salud (OMS, ACSM) para este grupo etario. Heyward (2008), ya planteó que muchas investigaciones han demostrado que la frecuencia del entrenamiento, practicada tres veces por semana en días alternos genera cambios suficientes en la aptitud física de los sujetos y muy posiblemente en su estado cognitivo. El autor destaca que el entrenamiento debe considerar variables como la duración y la intensidad del ejercicio.

En otra revisión sistemática, realizada por Northey et al. (2017), se analizaron treinta y nueve estudios que desarrollaron diferentes tipos de entrenamiento con adultos mayores. Los programas de ejercicios iban de 45 a 60 minutos por sesión a una intensidad moderada ($p < 0.01$). Se consideraron ejercicios aeróbicos, de fuerza muscular, multicomponentes, thai chi, etc. En treinta y seis de ellos se encontró un efecto positivo del ejercicio físico sobre la cognición de los sujetos. Importa consignar que del estado cognitivo de las personas sometidas a las intervenciones era del más alto rango.

Para complementar esta discusión es necesario poner atención en algunos datos relevantes obtenidos al inicio y al fin del experimento. En la prueba de homogeneidad de la varianza con un $p > 0,05$ permitió señalar que los tres grupos investigados presentaron, al inicio de la intervención, varianzas similares en todas las variables investigadas (MMSS: $p = 0,821$; MMII: $p = 0,860$; VO_{2max} : $p = 0,224$; Estado Cognitivo: $p = 0,610$; IGF-1: $p = 0,185$). La prueba Anova de medias independientes estableció que las variables estudiadas no presentaron diferencias de medias significativas al inicio del experimento (MMSS: $p = 0,649$; MMII: $p = 0,079$; VO_{2max} : $p = 0,540$; MMSE: $p = 0,066$; IGF-1: $p = 0,298$).

**Gráfico 1. Análisis intragrupo del consumo máximo de oxígeno pre y post intervención
($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) Grupo Aeróbico.**



*= significación estadística ($p < 0,05$)

Se destaca que el consumo máximo de oxígeno estimado muestra una equivalencia y homogeneidad inicial de los rendimientos de cada grupo ($p > 0,05$; test de Levene)

Finalizada la intervención, el grupo correspondiente al entrenamiento aeróbico, presentó un cambio superior respecto al $\text{VO}_{2\text{max}}$, en relación a los otros dos grupos, GC y GF. Se obtuvo una magnitud de las diferencias intergrupo considerada grande ($\text{TE}=0,7$). Resultados similares se reportan en una revisión sistemática (Cincuenta y tres estudios), analizadas por Bouaziz et al. (2017) respecto al $\text{VO}_{2\text{max}}$, en la mayoría de las investigaciones revisadas, los grupos que realizaron actividad aeróbica presentaron ganancias superiores respecto al consumo de $\text{VO}_{2\text{max}}$, que aquellos grupos que realizaron entrenamiento de fuerza muscular u otro.

En otro estudio, Prieto et al. (2015) aplicaron un programa de ejercicios aeróbicos a un grupo de 76 adultos mayores de edad promedio $67,1 \pm 1,2$ años distribuidos en cuatro grupos: control, con recomendaciones, con prescripción domiciliaria y grupo con monitorización directa. Las intervenciones se desarrollaron por tres veces por semana, durante 24 semanas. Reportaron que el modelo de intervención que más obtuvo ganancias fue el del grupo de monitorización directa, cuya metodología es similar a la del modelo utilizado en la presente investigación donde un monitor directo ejecuta y supervisa el entrenamiento. El período de intervención fue mayor (24 semanas). A diferencia de los resultados reportados en esta investigación respecto al consumo del $\text{VO}_{2\text{max}}$, el tamaño de efecto fue grande ($\text{TE}= 0.7$) y

con $p < 0.001$. En el análisis metodológico del artículo no se exponen todas las variables del entrenamiento controladas, sino sólo el tipo o modelo de intervención. Es posible que la extensión pudiera haber llevado a obtener los relevantes resultados en el consumo de oxígeno. En este sentido Estévez-López, Tercedor, and Delgado-Fernández (2012), en una revisión sistemática exponen las principales recomendaciones de la actividad física para promover la salud en adultos mayores sanos y también para mostrar estudios en que asocian la dosis de ejercicio con las respuestas de su condición física. Reportaron que existe consenso respecto al tipo, frecuencia, duración e intensidad de la actividad física. Agregando además que para generar cambios cardiorrespiratorios la intensidad del ejercicio debe ir de moderada a vigorosa (frecuencia cardíaca máx. 60% a 70%, y superior a 70% respectivamente) 3 a 5 veces por semana con sesiones de 60 minutos. Concluyen su revisión afirmando que, aún la relación dosis – respuesta física y los beneficios obtenidos no se conocen con exactitud.

Hallage et al. (2010) en un estudio que tuvo como propósito determinar el efectos del ejercicio aeróbico en la aptitud funcional de mujeres mayores (63.14 años) , tres veces por semana, en un periodo de tres meses con ejercicios a una intensidad que osciló entre las 50 a 70 % de la frecuencia cardíaca máx. (Intensidad moderada) reportaron al término de investigación, un aumento de la capacidad aeróbica con un tamaño de efecto grande ($TE=0.7$) y con un $p < 0.05$; después de realizada la intervención. En este sentido es posible establecer que al igual que en la presente investigación, con 12 semanas de intervención con ejercicios aeróbicos aunque con otra modalidad (Step) a una intensidad moderada, son suficientes para mejorar la capacidad aeróbica en poblaciones relativamente sanas de mujeres mayores y obtener resultados positivos respecto al incremento del consumo del $VO_2\text{max}$.

Resalta también en la presente tesis que el grupo de mayor adherencia resultó ser el Grupo Experimental 1 (75% de adherencia) respecto al grupos Control (65,2 %) y Experimental 2 (70%), ya que este modelo de intervención (marcha, baile entretenido, zumba, etc.) resulta muy atractivo para las personas de edad más avanzada y pareciera ser que no resulta invasivo y es altamente motivante en este grupo de personas.

Se ha destacado el consumo de oxígeno, pues la intervención realizada buscó relacionar el aumento del consumo de $VO_2\text{max}$ con el mejoramiento del estado cognitivo en personas de edad avanzada. Así en los capítulos respectivos a la relación al efecto del ejercicio aeróbico

sobre la cognición de las mujeres mayores se reportaron diferencias significativas al término del experimento: en el análisis post hoc del aumento de VO_{2max} . y cognición entre el GA con el GF de y el GC , se encontraron diferencias significativas en dos de los tres contrastes (GC-GE₁: $p=0,000$) y (GC-GE₂: $p=0,000$) quedó de manifiesto que el GC presentó el promedio en el test Mini-mental más bajo ($22,88\pm3,33$ ptos.), mientras que el GA y GF presentaron aumentos similares (GA= $28,13\pm2,26$ pts.) y (GE₂= $28,57\pm1,83$ pts.). Las diferencias observadas en el post test, fueron significativas en la prueba del estado cognitivo ($P=0,000$), con un tamaño del efecto grande (0,80).

Por lo tanto, a la luz de los resultados presentados se podría aseverar que el aumento del consumo del VO_{2max} . Conseguido gracias al entrenamiento aeróbico podría mejorar el estado cognitivo de la población de mujeres mayores.

K. I. Erickson et al. (2011) en una investigación realizada con adultos mayores ($n=120$) reportó que habiendo iniciado su investigación con dos grupos similares por un periodo de doce meses, el grupo intervenido ($n=60$) con ejercicios aeróbicos de intensidad moderada, logró mejoras en el crecimiento del hipocampo, y por el contrario el grupo que no recibió intervención registró una disminución en el tamaño de este órgano que sería responsable de la memoria en el ser humano y que su deterioro conduciría a la disminución del estado cognitivo de las personas mayores. Por lo tanto, podríamos inferir que el ejercicio de intensidad moderada puede transformarse en una opción útil en la prevención de las enfermedades relacionadas con el deterioro cognitivo en las personas de edad avanzada. Destaca que tanto la literatura especializada como las recientes investigaciones recomiendan a la intensidad moderada en la aplicación de los programas de entrenamiento físico en las personas mayores.

Otras investigaciones trabajan en el mismo sentido que se viene tratando hasta aquí:

Una revisión sistemática realizada por Franco-Martín et al. (2013) cuyo objetivo fue demostrar la influencia del ejercicio físico en la prevención del deterioro cognitivo en adultos mayores sanos y en la reversión o mantenimiento en adultos mayores con estados iniciales del deterioro cognitivo, declaran que el ejercicio aeróbico (marcha, baile entretenido, zumba) aumenta el flujo sanguíneo cerebral, mejorando la utilización del oxígeno y la glucosa del

cerebro, así como el incremento de la insulina, estimulando la neurogénesis y aumentando las conexiones sinápticas (Archer, 2011).

Rosenblatt y Kuljiš (2011) en una revisión sistemática, indican que la actividad física aumentaría la plasticidad neuronal, lo que facilitaría la compensación en aquellos circuitos neuronales dañados, ofreciendo así el mejoramiento de otras redes neuronales que mejorarían el funcionamiento general del estado cognitivo en las personas mayores.

Baker et al. (2010) encontraron cambios significativos al examinar el efecto producido por el ejercicio aeróbico en la cognición de un grupo de treinta y tres adultos mayores (17 mujeres) con un promedio de edad de 70 años, que realizaron ejercicios de alta intensidad (70% al 80% de su frecuencia cardíaca máxima), pero a la vez reporta una baja adherencia al programa de los sujetos sometidos a la intervención, este antecedente marca una diferencia importante respecto al reporte del presente trabajo, pues se logró una adherencia al programa de un 75%. Adherencia que demuestra el rol crucial que cumple la aplicación del principio de progresión creciente y que es recomendado por (OMS, 2010). La progresión reciente está referida a la intensidad del ejercicio. Se inició con ejercicios de suaves a moderados (frecuencia cardíaca entre el 50% y no superior a 70% de los latidos por minuto). Esto provocó un proceso de adaptación fisiológico menos invasivo y por lo tanto más motivante. No observar, en suma, este elemento básico del entrenamiento podría ser un factor que explicase la deserción al programa de Backer et al. Frente a esto, es posible citar a Ruscheweyh et al. (2011) quienes en un estudio que investigó los efectos de la actividad física sobre la cognición, sometieron a 62 adultos mayores a distintos niveles de intensidad del ejercicio (de baja y media o moderada). Reportan que todos los grupos intervenidos con ejercicios aeróbicos, independiente de la intensidad, mejoraron su capacidad cognitiva, no existiendo diferencias significativas ($p=0,068$) entre los mismos grupos. Concluyen que la actividad física genera cambios en el estado cognitivo de los adultos mayores intervenidos, pero que la intensidad del ejercicio no juega un rol determinante en el resultado de la investigación. Sin embargo, hay que recordar las recomendaciones que hacen varios organismos mundiales respecto a la importancia del control de la intensidad del ejercicio, en especial cuando se trata de adultos mayores, OMS (2010).

En el sentido anterior, Estévez-López et al. (2012), hicieron una revisión sistemática, cuyo objetivo fue exponer las principales recomendaciones de actividad física para adultos mayores

sanos como forma de promover su salud. Concluyen que existe consenso entre los estudios respecto al tipo, frecuencia, duración e intensidad de la actividad física. Y establecen que para generar cambios cardiorrespiratorios de intensidad moderada (frecuencia cardíaca máxima entre el 60 al 70%) son necesarias sesiones de 3 a 5 veces por semana con una duración de la sesión 60 minutos. Sin embargo, aún la relación ideal dosis – respuesta física y los beneficios obtenidos de ella, no se conoce con exactitud.

Es necesario señalar para el presente estudio, la variable intensidad no sólo estuvo determinada por la frecuencia cardíaca en tanto único indicador, sino que además se usó la escala percepción subjetiva de esfuerzo físico de Borg para estimular el autocuidado. En cuanto al ritmo (pulso) de la música usada en todas las sesiones de la intervención aeróbica, se controló a través de los beate por minuto. Se aumentaron en forma gradual: de 83 a 90 beate minuto en las primeras sesiones hasta llegar a 113-120 beats por minuto en las últimas sesiones del experimento. Esto también marca diferencias con las investigaciones que no hacen alusión esta forma de control de la variable intensidad del ejercicio. Resalta que el grupo de mayor adherencia resultó ser este grupo control 1 (aeróbico), es probable que este modelo de intervención resulta muy atractivo para las personas de edad más avanzada, por no ser invasivo respecto a los cambios fisiológicos que genera y a la motivación intrínseca que genera al participar en forma simultánea con sus pares.

En lo concerniente al estado cognitivo, los resultados post intervención de los grupos del estudio con presentan diferencias estadísticamente significativas (GC-GE1: $p = 0,000$) y (GC-GE2: $p = 0,000$) lo que se ratifica al observar los resultados del Tamaño de Efecto (GE 1 TE=0,8) (GE 2 Te= 1,0) lo que se traduce en un TE grande.

López et al. (2015), en un estudio que buscó el efecto de un programa de actividad física regular sobre la memoria episódica verbal y viso-espacial en ancianas mentalmente sanas, trabajó con un grupo control (40 mujeres sedentarias) y con un grupo experimental (34 mujeres). La intervención consistió en un programa de 60 minutos de ejercicios combinados (flexibilidad, equilibrio y ejercicios de resistencia cardiovascular de intensidad moderada). La duración de cada sesión fue de una hora; la frecuencia de tres sesiones semanales y el lapso total fueron seis meses. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.001$) en el estado cognitivo a favor del grupo intervenido, principalmente en el aumento de la capacidad de procesamiento, retención,

y evocación de la información verbal y visual. Los resultados de esta investigación son coincidentes con los descritos, especialmente en lo referido al registro de diferencias significativas entre el GC y los grupos intervenidos en las pruebas de orientación espacial, atención y cálculo ($p=0,000$). Situación que es congruente con la literatura especializada cuando se refiere a los posibles beneficios del ejercicio físico sobre la salud mental de las personas mayores.

Hötting and Röder (2013) en concordancia a los resultados obtenidos por López et al. (2014) reportan resultados similares en una investigación cuyo objetivo fue analizar el efecto de un programa de actividad física sobre la memoria episódica verbal y viso espacial en 74 ancianas sin deterioro cognitivo, 30 de las cuales realizaron un programa de actividad física por seis meses y un grupo control de 40 mujeres que no realizaron actividad física específica (ejercicios de flexibilidad, caminatas, equilibrio y ejercicios de resistencia cardiovascular de intensidad moderada); con una frecuencia de tres veces por semana y durante un lapso de seis meses. Se reportó un mejoramiento del estado cognitivo en favor de las mujeres intervenidas con un η^2 calculado de una magnitud de efecto grande ($TE=0,8$) y $p<0,01$. Resultado similar se obtuvo con la muestra de mujeres mayores de Tlcalahuano. Se reporta un mejoramiento en el estado cognitivo general de las mujeres y mayores intervenidas con un η^2 calculado con una magnitud de efecto grande ($TE=0,8$).

Kirk I. Erickson et al. (2011), plantean que los ejercicios de tipo aeróbico probablemente aumentan el tamaño del hipocampo en mujeres de 70 y 80 años de edad con deterioro cognitivo leve, pues estas personas mejoraron la memoria espacial y verbal, al ser incorporadas a un programa de ejercicios aeróbicos, de mediana intensidad, aplicados durante 6 meses y con una frecuencia de 2 veces a la semana. Agregan, además, que este tipo de ejercicios se podría constituir en una estrategia prometedora contra la lucha del deterioro cognitivo en las personas de avanzada edad.

Yendo a un campo específico, es necesario recordar que el fin del entrenamiento físico aplicado en este estudio fue mejorar la capacidad aeróbica y observar sus efectos posibles sobre la cognición de las mujeres mayores se caracterizó por estímulos progresivos de baja a mediana intensidad (54 % hasta llegar a 70% de la Frecuencia cardíaca max.)

G. Huang et al. (2015), en un trabajo de meta análisis con una muestra de 1.257 adultos mayores sedentarios, concluyeron que un entrenamiento a una intensidad del 35-50% de la frecuencia cardiaca max. mejora significativamente el VO₂max; y a una intensidad del 66% al 73% se lograron los máximos de mejora de VO₂max a una significancia de $p < 0,01$. Un estudio realizado en Australia por Freudenberger, Petrovic, Sen, Töglhofer, Fixa, Hofer, Perl, Zweiker, Seshadri, Schmidt, et al. (2016), , que sometieron a un programa de entrenamiento aeróbico a 877 adultos mayores. Reportaron que a mayor VO₂ max. los adultos mayores mejorarían de mejores funciones cognitivas generales como la memoria ($p=0,000$), la función ejecutiva ($p=0,003$) y las diferentes capacidades relacionadas las capacidades cognitivas y habilidades motoras ($p=0,018$).

Varios autores (Northey, Cherbuin, Pumpa, Smee, & Rattray, 2018; Panza et al., 2018), también observaron que el ejercicio, especialmente el entrenamiento aeróbico, tendrían un rol clave en la protección contra el deterioro cognitivo y la demencia a través de procesos de neurogénesis o neuroplasticidad.

Esto se podría explicar, y de acuerdo a Canivet et al. (2015), porque el factor neurotrófico derivado del cerebro BDNF e IGF-1 aumenta y afecta positivamente la memoria episódica ($p < 0,05$) de los adultos mayores que son sometidos a programas de actividad física.

Existen investigaciones que consideran al ejercicio físico como un elemento importante en el mejoramiento de las capacidades cognitivas y no solo en los adultos mayores normales, sino que en el tratamiento de personas con la enfermedad de Alzheimer, en una revisión bibliográfica, realizada por los investigadores C. M. C. Nascimento, S. Varela, C. Ayan, and J. M. Cancela (2016), terminan sugiriendo que las intervenciones aeróbicas realizadas a mediana intensidad son adecuadas para enfermos con niveles de demencia leve o moderada, y además agrega otro antecedente respecto a disminución de los niveles de la proteína Tau Fosforilada en el cerebro, considerada predictiva en la progresión en las enfermedades neurodegenerativas (Laura D. Baker et al., 2015). Frente a esta aseveración, se puede citar una intervención realizada a pacientes con Alzheimer utilizando ejercicios aeróbicos de mediana a alta intensidad, donde se concluye que después de dieciséis semanas de intervención a 200 pacientes, con grupo control y experimental respectivamente, no se presentaron diferencias significativas entre ambos grupos respecto al avance del deterioro cognitivo. Lo que sí se pudo

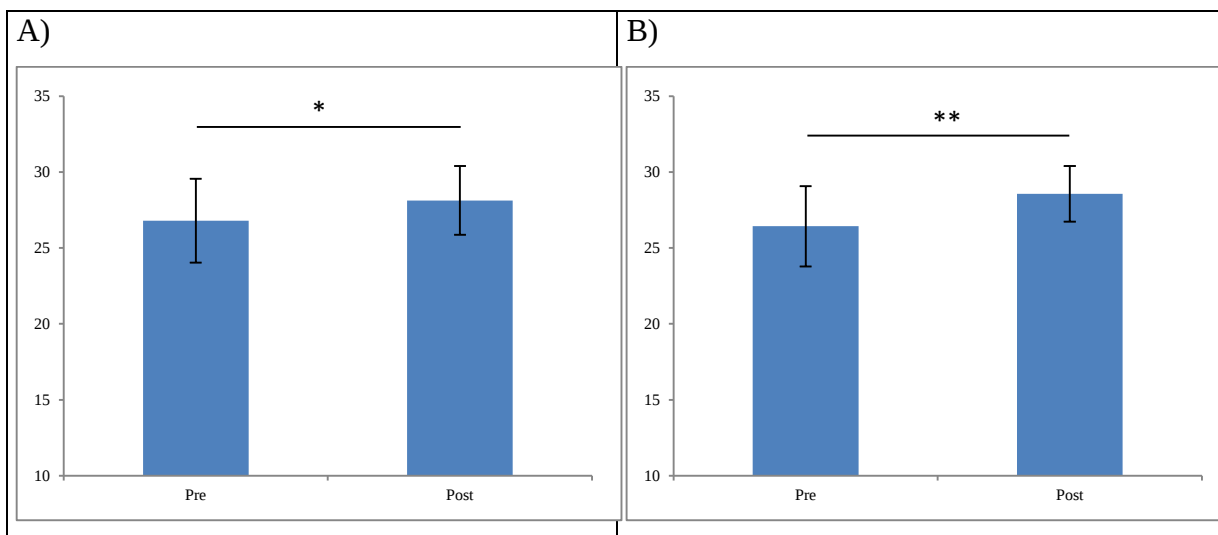
observar fue que hubo un mejoramiento a favor del grupo intervenido ($p < 0,05$), respecto de los síntomas neuropsiquiátricos depresivos (Hoffmann et al., 2015).

Un estudio importante para esta tesis es el Cancela et al. (2016). Cuya intervención se basó en un experimento a 124 adultos mayores con demencia declarada, que consistió en la aplicación de ejercicios aeróbicos a un grupo de 73 personas y actividades recreativas alternativas sedentarias al grupo restante (51 personas), por un tiempo de 15 minutos todos los días durante un periodo de quince meses. Al término del experimento se pudo determinar una disminución levemente significativa en el deterioro cognitivo ($p = 0,020$) y la movilidad funcional ($p = 0,043$) en favor del grupo que recibió la intervención de los ejercicios aeróbicos. Concluyendo que el ejercicio aeróbico parece tener mayor efecto que en otras actividades que no consideren la actividad física como centro de la intervención.

Revisados los artículos anteriores, no resulta extraño que los resultados de los grupos intervenidos que refiere esta tesis, presenten mejoras post intervención respecto al grupo control, en cada una de las dimensiones de las pruebas que miden el estado cognitivo. Así las dimensiones Orientación Espacial (OE) y Atención y Cálculo (AYC) presentan diferencias significativas ($p = 0,000$) con una magnitud pequeña ($TE = 0,4$) respecto al grupo control; el GF obtuvo mejores resultados que los otros dos grupos en ambas subpruebas ($OE = 5,00 \pm 0,00$ pts.) y $AYC = 4,40 \pm 0,51$ pts.); en la subprueba de Recuerdo (REC) el GE_2 obtuvo el mayor rendimiento respecto a los otros dos grupos. Finalmente en la subprueba de Lenguaje y Comunicación (LYC) el GE_2 nuevamente obtuvo el mayor rendimiento ($8,57 \pm 0,51$ pts.) secundado por el GE_1 ($8,53 \pm 0,74$ pts.)

En lo relativo al estado cognitivo en los diferentes grupos de la presente investigación se reportan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,005$) respecto a los tres grupos de mujeres mayores, y con un tamaño de efecto grande; tanto el GE_1 ($TE = 0,8$) como el GE_2 ($TE = 1,0$). Así lo muestra la siguiente figura:

Gráfico 2. Estado cognitivo (pts.) pre y post intervención GE1 (A) y GE2 (B).



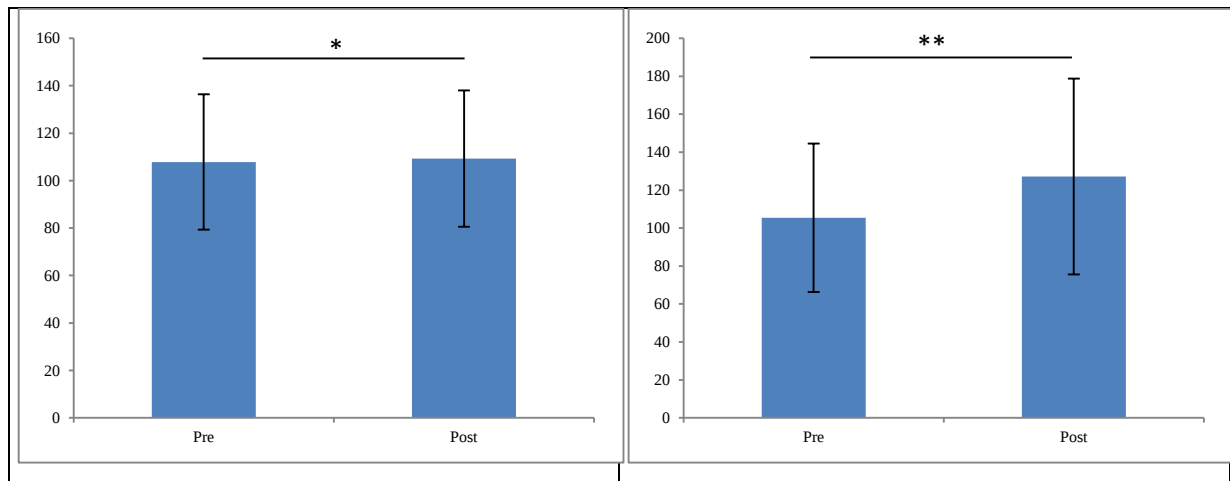
*= significación estadística ($p < 0,05$); **= significación estadística ($p < 0,01$)

Se advierte que en los niveles de concentración del IGF-1 también se obtuvo ganancias en ambos grupos intervenidos aunque el TE=0,3 (pequeño) para el GC1 y un TE=0,9 (grande) para el GE2. Estos datos son relevantes, ya que a partir de ellos, es posible aproximarse a los objetivos de la presente tesis: Determinar los efectos que tienen los ejercicios de entrenamiento en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1, IFG-1 en las mujeres mayores. Específicamente relacionar como el aumento del consumo de $VO_2\text{max}$ y el de la fuerza muscular se relaciona con el mejoramiento de las concentraciones del factor de crecimiento IGF-1 de las mujeres mayores que participan en la investigación. El IGF-1 o Somatomedina C, es considerado como un importante agente en el cambio morfológico en el cerebro o proceso de neurogénesis y angiogénesis (Zoeller Jr, 2010) que determinados por la presencia del BDNF, modulan la función metabólica del hipocampo. Y este último es estimulado por la presencia del IGF-1. De ahí que la baja concentración de IGF-1 en la sangre ha sido asociado a un mayor riesgo de deterioro cognitivo (Landi et al., 2007). Los bajos niveles de concentración de IGF-1 se asocian con la edad avanzada en los seres humanos (Leifke et al., 2000). Se ha mostrado que la secreción del factor neurotrófico está asociada a los efectos del ejercicio. Se revisó algunas de las escasas investigaciones que dan cuenta de esta relación, principalmente entre adultos mayores y ejercicios (De Souza Vale & Ferreira Rodrigues, 2014). En la presente investigación,

en el análisis de pre y post test; si bien existieron diferencias estadísticas significativas ($p=0,04$) en los niveles de IGF-1, en los tres grupos, la magnitud del efecto del entrenamiento aeróbico fue pequeño ($TE=0,4$) sin embargo en relación al grupo de contra resistencia de fuerza muscular el tamaño de efecto fue grande ($TE=0,9$) Es posible que las diferencias en el aumento del IGF-1 entre los dos grupos intervenidos se deban a que la disminución o pérdida de masa muscular (sacopenia) esté asociada, los ejercicios de fuerza muscular activan la generación de masa muscular en menor plazo que los ejercicios de tipo aeróbico.

En lo referente a los niveles de IGF-1 en el GC y en el GA de la investigación, es importante señalar que el ejercicio es más efectivo en los cambios de concentraciones hormonales del IGF-1, cortisol, testosterona, etc. en periodos más prolongados de entrenamiento, por lo tanto el tiempo que dura el proceso de intervención juega un rol preponderante en los resultados. López et al. (2014) afirman que es probable que el comportamiento del IGF-1 en el ejercicio aeróbico de intensidad moderada (frecuencia cardiaca max. no mayor a 70% latidos por minuto) no haya provocado la estimulación necesaria para aumentar los niveles de concentración en esta hormona y por lo tanto mantuvo niveles de mejoramiento bajos. Pero claramente, se necesitan trabajos de intervención aleatoria bien controlada y a largo plazo que midan los niveles de IGF-1 y su incidencia del estado cognitivo, para probar formalmente esta hipótesis. Sin embargo en una investigación reciente Valipour Dehnou and Motamedi (2019) reportan resultados muy diferentes a lo que incluso plantea la literatura clásica respecto a los períodos de intervención para afectar los sistemas hormonales en los animales y seres humanos. En este estudio se examinó el efecto de una sesión de entrenamiento en un circuito (antes y después del entrenamiento) sobre los niveles séricos de los factores neurotróficos derivados del cerebro como en BDNF y el IGF-1 en mujeres y hombres de edad avanzada, con un nivel de significancia $p<0,05$. Los resultados revelaron que el nivel del BDNF aumento y el nivel de IGF-1 disminuyó en las muestras ($p<0,05$). En los hombres el aumento en el nivel de BDNF no fue significativo ($p>0,05$), mientras que el mismo fue significativo en las mujeres ($P<0,05$). Con respecto a los niveles de IGF-1, los resultados obtenidos indicaron que su concentración disminuyó significativamente tanto en hombres como en mujeres de edad avanzada ($P<0,05$). El porcentaje de cambios en el nivel de BDNF en hombres (22,78%) fue menor que en mujeres (27,91%). Lo mismo ocurrió con los cambios en los niveles de IGF-1 (-10.55% en hombres y -12.37% en mujeres).

Gráfico 3. Concentración de IGF -1 o somatomedina ($\text{ng}\cdot\text{ml}^{-1}$) pre y post intervención GE1 (A) y GE2 (B).



*= significación estadística ($p<0,05$); **= significación estadística ($p<0,01$)

En relación al programa de entrenamiento contra resistencia para la fuerza muscular y el efecto que producen en el estado cognitivo de las adultas mayores, los resultados mostraron que los grupos intervenidos con ejercicio, mejoraron significativamente los niveles de fuerza post intervención. En términos relativos, el GA experimentó una mejora promedio del 53,1% respecto de la masa desplazada (kg) en la estimación de una repetición máxima para el ejercicio de extremidades superiores (press banca) y un 36,3% para el ejercicio de extremidades inferiores (Squat). El GF, aumentó un 66,8% en la estimación de una repetición máxima para el ejercicio de extremidades superiores y un 65,4% la masa máxima desplazada estimada para las extremidades inferiores.

En el análisis de resultado de la estadística de contraste entre los tres grupos en las pruebas contra resistencia la variable de fuerza muscular expresada en kg. de los MMSS, los resultados post test arrojan diferencias significativas entre el grupo control y los dos grupos de entrenamiento ($p<0,001$). El análisis Post Hoc, reveló que la fuerza muscular de las MMSS es significativamente distinta en los tres grupos. Al término del experimento, el grupo control registro los valores más bajos ($13,5\pm 2,8$ kg); seguido del grupo de entrenamiento aeróbico ($21,4\pm 4,8$ kg). El grupo de entrenamiento de fuerza es el que registro los valores post test más

altos ($23,6 \pm 4,1$ kg). Respecto de la fuerza muscular de los MMII, los resultados post test arrojan diferencias significativas entre el grupo control y ambos grupos experimentales ($p < 0,001$). El análisis Post Hoc, reveló también, que la fuerza muscular de los MMII es significativamente distinta entre el grupo control y los grupos sometidos a entrenamiento. Al término del experimento, el grupo control registró los valores más bajos de fuerza muscular ($44,1 \pm 4,7$ kg); donde los grupos de entrenamiento aeróbico ($64,3 \pm 18,5$ kg) y el grupo de fuerza ($77,8 \pm 26,1$) tienen resultados más altos.

En gráficos 1 y 2 se observa la proporción de ganancia en la fuerza muscular respecto al RM post intervención tanto en la fuerza tanto de los miembros superiores como inferiores; el GF experimentó un cambio significativo tanto en las extremidades superiores e inferiores (MMSS 66,8%; $p = 0,01$); (TE=2,4) (MMII 65,4%); ($p = 0,00$) y (TE= 1,1).

Gráfico 4. Cambios en la fuerza máxima estimada para MMSS.

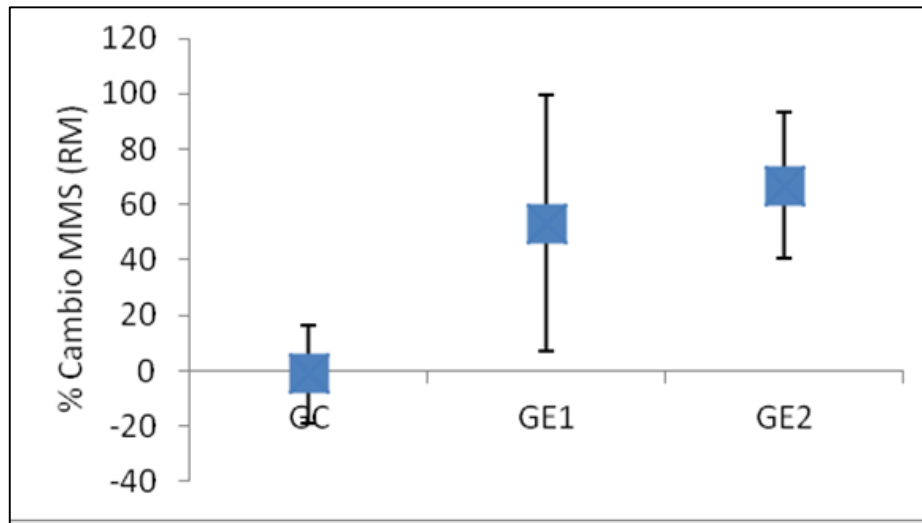
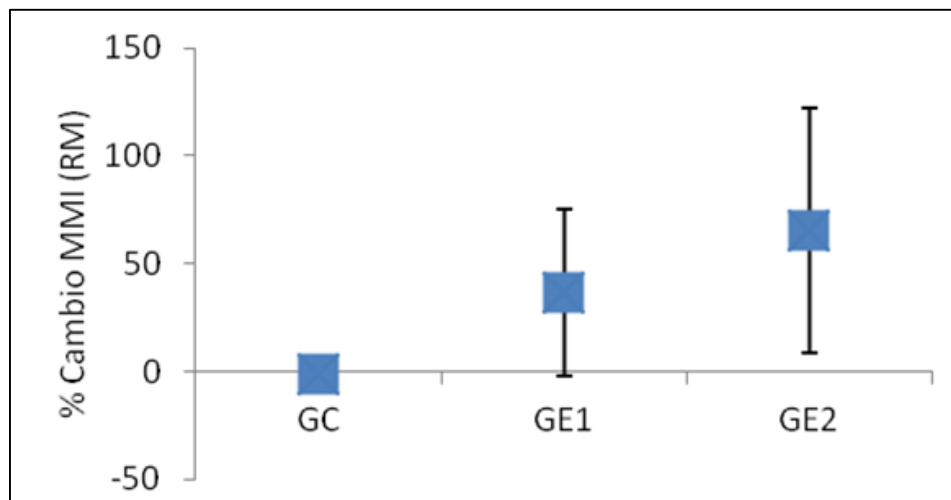


Gráfico 5. Cambios en la fuerza máxima estimada para MMII.



Los grupos intervenidos con ejercicio, mejoraron significativamente los niveles de fuerza tanto en los MMSS como en los MMII post intervención

Entre los factores que pueden explicar el aumento de la fuerza observada, tanto de los MMSS como MMII en el GF, es que todas las personas intervenidas nunca se habían sometido a un programa de entrenamiento. Varios investigadores (Fleck,1999; Häkkinen,1985; Jiménez et al., 2006), aseguran que aquellos sujetos que no han entrenado la fuerza por años, responden favorablemente o con mejores resultados a los entrenamientos de fuerza respecto a sujetos entrenados. Así mismo el mejoramiento de la fuerza en este trabajo, se puede atribuir a la magnitud del entrenamiento aplicado, que tuvo especial atención en el control de la intensidad

del ejercicio (se inicia con un 50% y llegando cerca del 70% de su RM) y volumen de los ejercicios aplicados a los sujetos.

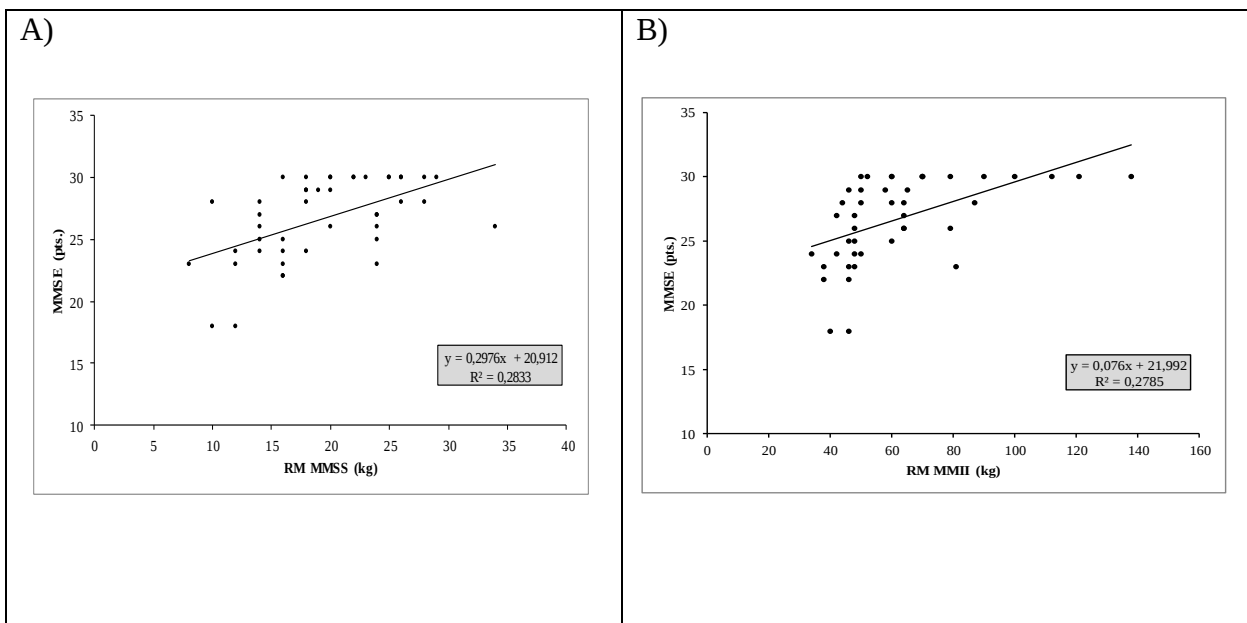
Existen diferencias, en cuanto a la ganancia de la fuerza, entre el presente estudio contrastados con otros que también buscaban medir el desarrollo de la fuerza muscular en personas mayores. Esas diferencias se pueden explicar por el uso del método de bandas elásticas, como es el caso de Frontera et al., (1988) que reportan ganancia en la fuerza en MMII entre 107% y del 227%, en personas entre 60 y 72 años, señalando además que la tasa de síntesis de proteínas en los mayores es similar a la de los jóvenes después del ejercicio, por lo tanto, el músculo de las personas mayores es capaz de adaptarse al aumento de las demandas físicas a corto plazo. A pesar de lo impresionante de las cifras, este método presenta deficiencias: es difícil de replicar es posible replicar, ya que es poco probable controlar la intensidad del ejercicio en cada uno de los sujetos, más aun existiendo distintos niveles de contractibilidad de las bandas. Por otro lado, es muy difícil controlar, en forma efectiva el grupo muscular específico, que se quiere trabajar. Eso hace prácticamente imposible establecer un trabajo localizado; en tercer lugar se hace poco probable controlar el radio de acción del desplazamiento del o los segmentos trabajados, lo que aumenta las posibilidades de cometer errores en la postura corporal y por lo tanto generar lesiones. Cuestión que es particularmente delicada cuando se trabaja con adultos mayores ya que presentan una fragilidad muscular por efectos de la sarcopenia. Finalmente el uso de las bandas elásticas requiere de mayor habilidad motriz, en el control postural, que en el uso de máquinas de fuerza. Por ende, se debe dedicar un tiempo más prolongado en el control motriz de la destreza, sobre todo en este grupo etario, ya que en la mayoría no han participado en actividades de entrenamiento de esta naturaleza.

Ahora, y de regreso a la relación entre ganancia de la fuerza muscular con el aumento en el estado cognitivo y el IGF-1 de las mujeres mayores de Talcahuano intervenidas, se reporta que en los tres grupos es posible observar diferencias significativas post test en el estado cognitivo y el IGF-1 ($p < 0,001$). El Post Hoc revela que el GC posee valores del estado cognitivo y de IGF-1 significativamente inferiores a la de los grupos experimentales post test ($p < 0,05$). En especial, importa destacar que el aumento en la fuerza muscular de los grupos GA y GF está relacionado con el incremento del estado cognitivo y de los niveles del IGF-1. Además, sería posible apreciar considerando los datos post intervención, una relación directa entre la fuerza

de los MMSS, el estado cognitivo ($r=0,564$; $p<0,001$) y el nivel del IGF-1 ($r=0,433$; $p=0,003$). De igual forma, se apreciaría una relación directa entre la fuerza de los MMII, el estado cognitivo ($r=0,660$; $p<0,001$) y el nivel del IGF-1 ($r=0,331$; $p=0,028$). Adicionalmente fue posible apreciar que una mayor proporción de cambio producido en la fuerza de MMSS, se relacionaba directamente con una mayor proporción de cambio para el estado cognitivo ($r=0,299$; $p=0,048$). A partir de lo anterior, se podría señalar que, ganancias en la fuerza muscular se relacionan con mejoras en el estado cognitivo y con un aumento en la expresión de IGF-1, independiente del tipo de entrenamiento (aeróbico o de fuerza) con una magnitud de efecto pequeño ($\text{Eta}^2 = 0.2$).

En el gráfico 4 es posible observar una relación positiva entre el desarrollo de la fuerza muscular y el mejoramiento del estado cognitivo de los dos grupos sometidos al programa de entrenamiento.

Gráfico 6. Relación entre la fuerza muscular (RM estimada) y el estado cognitivo (MMSE)

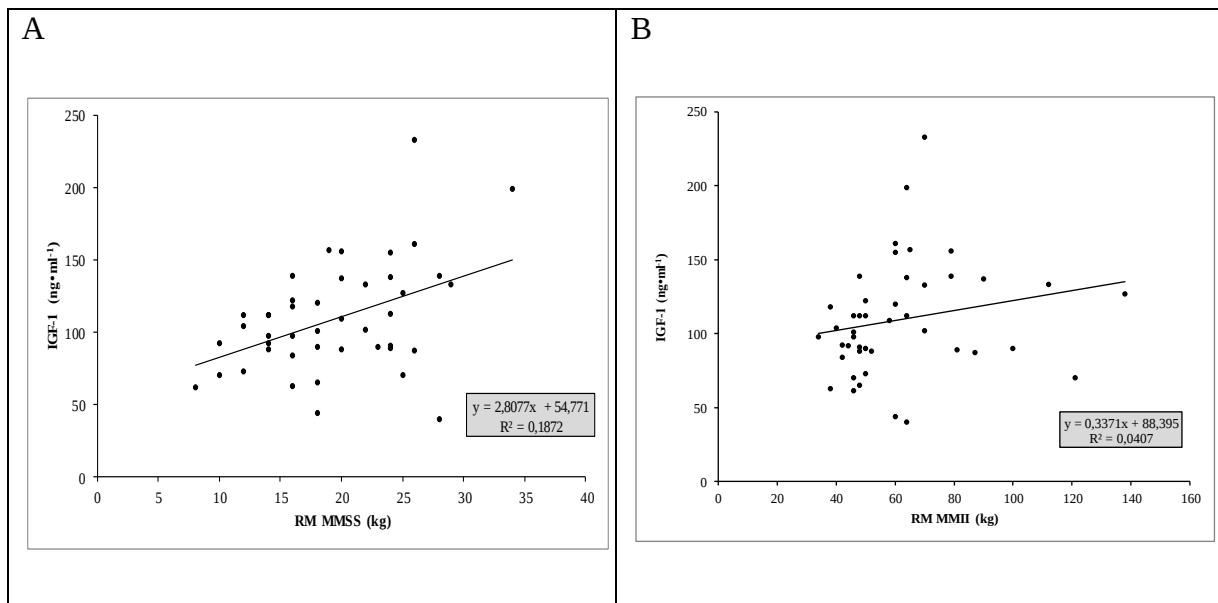


El gráfico 4 A-B. Muestra la relación existente entre el Estado Cognitivo y RM estimada para MMSS y MMII post test. Se evidenció al final del experimento que mayores niveles de fuerza muscular se relacionarían de manera directa con mejores desempeños en la prueba de estado cognitivo ($r=0,564$; $p=0,04$ y $r=0,660$; $p<0,001$ respectivamente).

Resultados similares reporta Dorner et al. (2007) en una investigación realizada a 30 personas (23 mujeres y 7 varones) donde estudió los efectos del entrenamiento combinado de la fuerza y el equilibrio sobre la función cognitiva en personas mayores, su programa de intervención lo aplicó durante 10 semanas de intervención y trabajó con una frecuencia de tres veces por semana, en sesiones de 50 minutos y compartió la parte fundamental de la clase con ejercicios de equilibrio y de fuerza muscular que consistieron en repeticiones con bandas elásticas en series de 10 a 15 a repeticiones. Teniendo la precaución ya anotada sobre lo inadecuado del uso de bandas, se destaca que tuvo resultados similares, con la presente investigación, en el aumento en la fuerza con un (3.75-4.44 pts) y un ($p < 0.001$). También reporta un aumento en el puntaje del estado cognitivo, correlacionándolo en forma significativa ($p = 0.002$) con el cambio de la fuerza muscular. Reporta, además, un coeficiente de correlación de Pearson de 0.750. En la misma línea que Dorner et al., Yoon et al. (2016) reportan un trabajo investigativo cuyo objetivo es demostrar el efecto de un entrenamiento de la fuerza muscular con bandas elásticas de alta intensidad en 30 mujeres mayores con deterioro del estado cognitivo leve, por un periodo de intervención de 12 semanas. Muestran aumentos significativos en los niveles de función cognitiva, fuerza muscular y la evaluación cognitiva.

Contrastando con esta investigación, se observó al finalizar la intervención de ambos grupos experimentales, que a mayor fuerza muscular aumentan las concentraciones de IGF1.

Gráfico 7. Relación entre la fuerza muscular (RM estimada) y el factor de crecimiento insulínico (IGF-1).

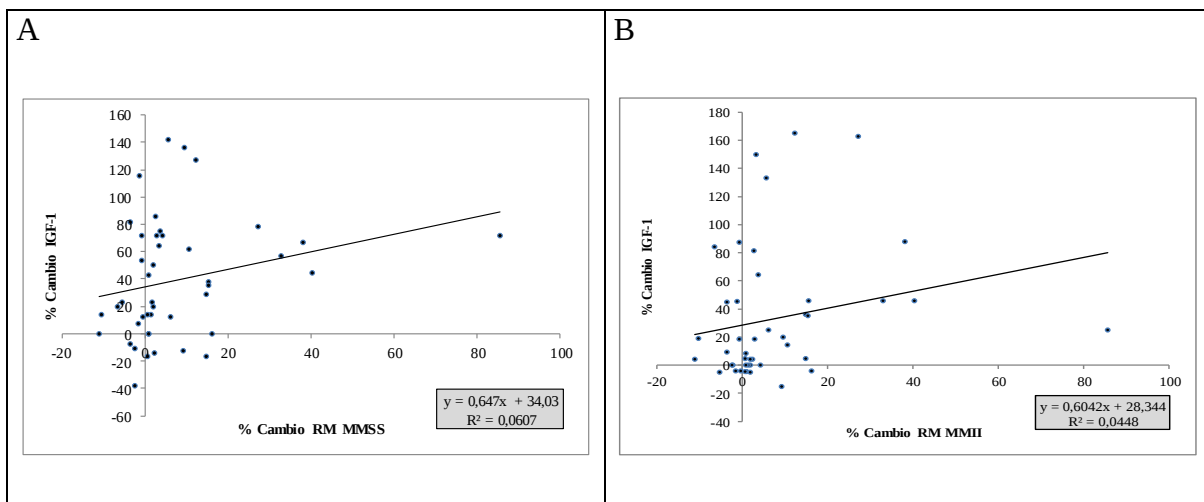


El gráfico 4 A-B. Demuestra la relación existente entre el IGF-1 y RM estimada para MMSS y MMII post test. Se evidenció al final del experimento que mayores niveles de fuerza muscular se relacionarían directamente con mayores concentraciones del factor de crecimiento insulínico ($r=0,433$; $p=0,017$) y ($r=0,331$; $p=0,028$) respectivamente.

De Camargo (2016) en un estudio realizado a 29 mujeres mayores (65.87 ± 5.69 años) buscó verificar el efecto del entrenamiento físico sobre la aptitud física general y las capacidades cognitivas de mujeres sedentarias durante un periodo de 12 semanas, evidenció resultados similares a esta investigación, reportó un mejoramiento respecto de la fuerza de los MMSS en un 58% ($p=0.01$) y a un aumento en los MMII de un 68% versus un 66,8 % ($p=0,01$). El protocolo de ejercicios y ganancias son similares a los de la intervención de la tesis. Importa destacar que el estado cognitivo de los sujetos de la investigación de contraste se evaluaron con el test de capacidad cognitiva Moca y reportaron una ganancia de un 19% con un ($p=0,01$).

En el Gráfico 5 A-B, muestra la relación entre los porcentajes de cambio de la RM de la fuerza muscular, tanto de los MMSS como los MMII y su relación con la proporción de los cambios del IGF-1 post test.

Gráfico 8. A-B. Relación entre los % de cambio del RM en la fuerza muscular MMSS – MMII e IGF-1



Los resultados muestran que mayores porcentajes de cambio en la fuerza muscular tanto de MMSS y MMII se relacionan directamente con incrementos relativos del factor de crecimiento insulínico ($r=0,324$ $p=0,032$) y ($r=0,350$; $p=0,046$) respectivamente.

Aunque Zoeller Jr (2010), asegura que aún son pocos los estudios que sugieren que a largo plazo el entrenamiento de la fuerza puede traer beneficios sobre la cognición en los adultos mayores, existe una asociación del ejercicio con mejoramiento del volumen cerebral, aumentando su rendimiento fisiológico y mejorando la velocidad de las respuestas a los diferentes estímulos. Se elevan los niveles del factor insulínico del crecimiento (IGF-1) que es responsable del proceso de regeneración neuronal (demostrado inicialmente en estudios con animales), por lo tanto, sugiere que se necesitan más estudios para validar esta hipótesis de asociación cognición y ejercicio. Es por ello que esta investigación se interesa por evidenciar que al aumentar los porcentajes de cambio en la fuerza muscular aumentan en forma progresiva los niveles de la hormona del crecimiento IGF-1, y evidencia diferencias pre y post test estadísticamente significativas no sólo en el GF sino también en el otro grupo del experimento GA. Así el Grupo Aeróbico obtuvo un ($p=0,014$) y el Grupo de Fuerza un ($p=0,005$). Quedando en evidencia que el ejercicio controlado, es determinante en el proceso de regeneración neuronal. Regeneración que vendría a justificar el aumento de los resultados en algunas pruebas del test, que mide el estado de la cognición como atención y cálculo con un efecto medio

(TE=0.5) y la prueba de recuerdo con un efecto medio, (TE= 0.4); en las demás pruebas el efecto es pequeño.

Finalmente, frente a la evidencia presentada se puede aseverar que el deterioro neuromuscular provocado con la edad sería posible ser interrumpido por el entrenamiento (López et al., 2014). Se debe recordar que muchas investigaciones han demostrado que la frecuencia, la duración la intensidad y el tiempo de intervención son los que generan cambios suficientes en la aptitud física y cognitiva de los sujetos. Así mismo, y de acuerdo a muchos factores que pueden ayudar a explicar el aumento de la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y su relación con el estado cognitivo del sujeto se pueden agregar muchos beneficios que genera el ejercicio físico, como los cambios en la morfología muscular, modificaciones bioquímicas, adaptaciones biomecánicas musculares y tejido conjuntivo, activación del sistema nervioso central, mejoramiento de las coordinaciones y beneficios psicológicos (López-Chicharro et al. (2013)). Todos cambios que generan altas expectativas sobre los beneficios que el ejercicio puede ofrecer para el aumento de la calidad de vida en los adultos mayores.

Capítulo VI. Conclusiones y Proyección

La intención primordial de esta investigación fue conocer el efecto que tienen dos programas de entrenamiento físico (Ejercicios de Contra Resistencia y Aeróbico) en el estado cognitivo de mujeres mayores de la comuna de Talcahuano, durante 12 semanas de duración, con 36 sesiones de 60 minutos cada una con intensidades de ejercicios de baja a moderada intensidad. Una vez analizados y discutidos los datos, podemos destacar las siguientes conclusiones:

6.1. Conclusiones

1.- Al finalizar el periodo de intervención, ambos programas de ejercicio aplicados en los grupos experimentales mejoran globalmente las funciones ejecutivas del estado cognitivo y aumentan la expresión del mediador fisiológico de la hormona del crecimiento IGF-1 en las mujeres mayores de la comuna de Talcahuano.

2.-El análisis intragrupo, reveló que ambos programas de ejercicio generan un aumento significativo en el estado cognitivo de las adultas mayores. En este sentido, ambos programas generan un efectos de gran magnitud sin embargo, es el programa que incluye ejercicios de contra resistencia (fuerza) el que generó el efecto de mayor magnitud en el estado cognitivo al finalizar la intervención en las mujeres mayores. El análisis intergrupar que examinó los resultados post test, reveló que ambos grupos de entrenamiento luego del periodo de intervención mostraron puntajes significativamente superiores en el total de las pruebas para las funciones ejecutivas comparados con el grupo control.

3.- Una examinación más profunda permitió observar respecto de las dimensiones ejecutivas contempladas en el MINIMENTAL test, cambios significativos en el puntaje parcial de la prueba que contempla las funciones de Atención y Cálculo. Lo anterior fue observado solo en el grupo de entrenamiento que incluyó ejercicios de contra resistencia. No se observaron diferencias relevantes en los puntajes parciales de las funciones ejecutivas de organización temporal, orientación espacial, atención y cálculo, recuerdo y lenguaje y comunicación. Solo al

considerar el puntaje que reúne todas las funciones ejecutivas en el post test fue posible observar cambios al finalizar la intervención.

4.- Respecto de la secreción del mediador fisiológico de la hormona del crecimiento IGF-1, fue el programa que incluyó ejercicios de contra resistencia (fuerza) el que generó cambios de gran magnitud. Si bien el programa de entrenamiento aeróbico genera efectos significativos, la magnitud del efecto pre post test es más bien pequeño

5.- Al examinar la relación entre la fuerza de las extremidades y el estado cognitivo, los resultados muestran que cambios favorables en los niveles de fuerza muscular (aumentos) se relacionan directamente con cambios también favorables en la prueba que determinó el estado cognoscitivo. Los resultados revelan además que los aumentos relativos en la fuerza muscular se relacionan directamente con aumentos en el estado cognitivo de las adultas mayores. Realizando este mismo análisis, los resultados revelaron además que cambios favorables en la fuerza muscular se relacionaron directamente con cambios favorables en la expresión sanguínea del factor de crecimiento insulínico. No fue posible establecer relaciones de similares características entre los cambios en el estado cognitivo y el factor de crecimiento insulínico con cambios favorables en el consumo máximo de oxígeno estimado por medio de la prueba de marcha.

A la luz de lo anterior se acepta la Hipótesis Experimental₁ que señala que los programas de entrenamiento tanto el de fuerza muscular como el programa de ejercicios aeróbico provocan cambios favorables en el estado cognoscitivo de las mujeres mayores y no se registraron mejoras en el grupo control (de ninguna de las tres variables)

También se acepta la Hipótesis Experimental₂ que señala que los programas de entrenamiento tanto el de fuerza muscular como el programa de ejercicios aeróbico provocan cambios favorables en las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores.

Finalmente se acepta la Hipótesis Experimental₃ dado que fue posible establecer una relación entre cambios favorables producidos en la condición física y cambios favorables también producidos en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 en

las mujeres mayores sometidas a entrenamiento. Es necesario puntualizar que dicha relación es explicada particularmente al examinar los cambios producidos en la fuerza muscular.

Por lo anterior se rechaza la Hipótesis Nula₁ dado que ambos programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico resultaron ser efectivos provocando cambios favorables en el estado cognoscitivo de las mujeres mayores.

También se rechaza la Hipótesis Nula₂ dado que los programas de entrenamiento de contra resistencia de fuerza muscular como aeróbico provocan también cambios favorables en las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores. Respecto de este punto se debe señalar que la magnitud de los cambios no es equivalente en ambos grupos de entrenamiento.

Para finalizar este apartado se rechaza la Hipótesis Nula₃ dado que se demostró la existencia de una relación entre los cambios favorables producidos en la condición física y cambios producidos en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores sometidas a entrenamiento.

6.2. Proyecciones.

En consecuencia, desde las conclusiones obtenidas en esta investigación, es necesario y urgente seguir estudiando el ejercicio de manera que se transforme en una herramienta válida para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos, en especial para las personas de mayor edad.

Generar investigaciones longitudinales de mayor duración, ya que algunos sistemas fisiológicos como el sistema hormonal humano como el IGF-1, BDNF, entre otros, requieren de mayor tiempo de intervención para generar cambios positivos en el organismo. De manera que no sólo el experimento tenga una validez interna sino que también genere una validez externa en que los resultados se puedan generalizar a poblaciones similares.

Controlar cada vez más las variables de los programas de intervención y por sobre todo los componentes del ejercicio, para unificar y generar sistemas de entrenamiento exclusivos para los adultos mayores.

Formar equipos multidisciplinarios de investigadores para poder integrar aquellas personas que deben ser excluidas por no cumplir con los criterios de inclusión generados por factores de enfermedades no transmisibles.

Finalmente, es preciso aclarar que se necesita mayor investigación que dé cuenta real de la efectividad y la correlación existente entre un programa específico de actividad física y la cognición. Proceso de investigación que debe estandarizar sus protocolos de intervención. Esto es predefinir la población a trabajar, agrupándola de acuerdo a sus especificidades; definir programas de entrenamiento, tipo de ejercicios, contextualizar orígenes de la muestra, etc. A modo de ejemplo se podría “determinar el nivel de cognición y su relación con el ejercicio físico en adultas mayores activas y sedentarias de la ciudad de Concepción”, así como también “establecer las diferencias del estado cognitivo entre hombres y mujeres mayores activos y sedentarios de la ciudad de Talcahuano”, o un estudio destinado a “Analizar el factor neutrófico BDNF y su relación con el ejercicio de fuerza muscular y estado cognitivo en población adulto mayor”.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Triana, C. A., Ávila-Campos, J. E., & Cárdenas, L. F. (2014). Efectos del ejercicio y la actividad motora sobre la estructura y función cerebral. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 15(1), 36-53.
- ACSM. (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 975-911.
- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revista de neurología*, 32(4), 373-381.
- Ahlskog, J. E., Geda, Y. E., Graff-Radford, N. R., & Petersen, R. C. (2011). *Physical exercise as a preventive or disease-modifying treatment of dementia and brain aging*. Paper presented at the Mayo Clinic Proceedings.
- Albala, C., Sánchez, H., Lera, L., Angel, B., & Cea, X. (2011). Efecto sobre la salud de las desigualdades socioeconómicas en el adulto mayor: resultados basales del estudio expectativa de vida saludable y discapacidad relacionada con la obesidad (Alexandros). *Revista médica de Chile*, 139(10), 1276-1285.
- Alvear Idrovo, R. M. (2015). Percepción de la capacidad de autocuidado del Adulto Mayor del Centro de Promoción Activa del IESS-Cuenca-2014.
- Archer, T. (2011). Physical exercise alleviates debilities of normal aging and Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(4), 221-238.
- Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K., Green, P. S., Wilkinson, C. W., McTiernan, A., . . . Cholerton, B. A. (2010). Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Archives of neurology*, 67(1), 71-79.
- Baker, L. D., Skinner, J. S., Craft, S., Sink, K. M., Montine, T., Hansen, A., . . . Cholerton, B. (2015). Aerobic exercise reduces phosphorylated tau protein in cerebrospinal fluid in older adults with mild cognitive impairment. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 11(7), P324.
- Baker, L. D., Skinner, J. S., Craft, S., Sink, K. M., Montine, T., Hansen, A., . . . Callaghan, M. (2015). Aerobic exercise reduces phosphorylated tau protein in cerebrospinal fluid in older adults with mild cognitive impairment. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 11(7), P324. doi: 10.1016/j.jalz.2015.07.467
- Becerril-Montekio, V., Reyes, J. d. D., & Manuel, A. (2011). Sistema de salud de Chile. *Salud pública de México*, 53, s132-s142.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F., . . . Bosquet, L. (2014). Multiple roads lead to Rome: combined high-intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age*, 36(5), 1-19.
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res*, 2013.
- Blondell, S. J., Hammersley-Mather, R., & Veerman, J. L. (2014). Does physical activity prevent cognitive decline and dementia?: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *BMC public health*, 14(1), 510.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*: Human kinetics.
- Bossers, W. J. R. (2014). *Physical exercise and dementia: Delaying cognitive and motor decline via exercise*: Rijksuniversiteit Groningen.

- Bouaziz, W., Vogel, T., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Lang, P. O. (2017). Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 69, 110-127.
- Bravo, H. L. P. (2015). *Influencia de un programa de actividad física sobre los procesos cognitivos de las personas mayores de 60 años*. Universidad de Granada.
- Cadore, E. L., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Gómez, M., . . . Izquierdo, M. (2014). Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age*, 36(2), 773-785.
- Cadore, E. L., Pinto, R. S., Bottaro, M., & Izquierdo, M. (2014). Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging and disease*, 5(3), 183-195.
- Cancela, J. M., Ayán, C., Varela, S., & Seijo, M. (2016). Effects of a long-term aerobic exercise intervention on institutionalized patients with dementia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(4), 293-298. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.05.007>
- Canivet, A., Albinet, C., André, N., Pylouster, J., Rodríguez-Ballesteros, M., Kitzi, A., & Audiffren, M. (2015). Effects of BDNF polymorphism and physical activity on episodic memory in the elderly: a cross sectional study. *European Reviews of Aging & Physical Activity*, 12(1), 1-9.
- Caribe, C. E. p. A. L. y. e. (2011). *Observatorio Demográfico para América Latina y el Caribe*.
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis.
- Cunha, C., Brambilla, R., & Thomas, K. L. (2010). A simple role for BDNF in learning and memory? *Front Mol Neurosci*, 3.
- Daly, R. M., Gianoudis, J., Prosser, M., Kidgell, D., Ellis, K. A., O'Connell, S., & Nowson, C. A. (2015). The effects of a protein enriched diet with lean red meat combined with a multi-modal exercise program on muscle and cognitive health and function in older adults: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 16(1), 1-16. doi: 10.1186/s13063-015-0884-x
- De Camargo, A. (2016). The effects of strength training on cognitive performance in elderly women. *Clinical interventions in aging*, 11, 749-754.
- De Souza Vale, R. G., & Ferreira Rodrigues, V. (2014). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de igf-1 y autonomía funcional de adultos mayores. / Effects of strength training on IGF-1 and functional autonomy in elderly women. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 15(2), 35-42.
- Delgado-Mejía, I., & Etchepareborda, M. C. (2013). Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. *Revista de neurología*, 57(1), 95-103.
- Díaz, V. (2015). La construcción social de las demencias en las personas mayores de la Región Metropolitana, Chile. G. Guajardo; ME Tijoux; MT Abusleme, eds.(2015). Santiago: SENAMA, FLACSO Chile, Instituto Chileno de Terapia Familiar, Ediciones Servicio Nacional del Adulto Mayor. *Persona y Sociedad*, 29, 135-139.
- 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.
- Dorner, T., Kranz, A., Zettl-Wiedner, K., Ludwig, C., Rieder, A., & Gisinger, C. (2007). The effect of structured strength and balance training on cognitive function in frail, cognitive impaired elderly long-term care residents. *Aging clinical and experimental research*, 19(5), 400-405.

- Economic, U. N. D. o. (2010). *World population ageing 2009* (Vol. 295): United Nations Publications.
- Epley, B. (1985). Poundage chart. *Boyd Epley Workout*. Lincoln, NE: Body Enterprises, 86.
- Erickson, K. I., Gildengers, A. G., & Butters, M. A. (2013). Physical activity and brain plasticity in late adulthood. *Dialogues Clin Neurosci*, 15(1), 99-108.
- Erickson, K. I., Leckie, R. L., & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiol Aging*, 35. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2014.03.034
- Erickson, K. I., Miller, D. L., Weinstein, A. M., Akl, S. L., & Banducci, S. (2012). Physical activity and brain plasticity in late adulthood: a conceptual and comprehensive review. *Ageing Research*, 3(1), 6.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., & Chaddock, L. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci*, 108. doi: 10.1073/pnas.1015950108
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., . . . Kramer, A. F. (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
- Estévez-López, F., Tercedor, P., & Delgado-Fernández, M. (2012). Recomendaciones de actividad física para adultos sanos. Revisión y situación actual. *Journal of Sport and Health Research*, 4(3), 233-244.
- Fernández, R. P. (2013). Salud Mental, Demencias y Políticas Públicas en América Latina: deconstruyendo viejos y nuevos paradigmas.
- Foster, P. P., Rosenblatt, K. P., & Kuljiš, R. O. (2011). Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Frontiers in neurology*, 2, 28.
- Franco-Martín, M., Parra-Vidales, E., González-Palau, F., Bernate-Navarro, M., & Solis, A. (2013). Influencia del ejercicio físico en la prevención del deterioro cognitivo en las personas mayores: revisión sistemática. *Rev Neurol*, 56(11), 545-554.
- Freudenberger, P., Petrovic, K., Sen, A., Töglhofer, A. M., Fixa, A., Hofer, E., . . . Schmidt, R. (2016). Fitness and cognition in the elderly The Austrian Stroke Prevention Study. *Neurology*, 86(5), 418-424.
- Freudenberger, P., Petrovic, K., Sen, A., Töglhofer, A. M., Fixa, A., Hofer, E., . . . Schmidt, H. (2016). Fitness and cognition in the elderly. *The Austrian Stroke Prevention Study*, 86(5), 418-424. doi: 10.1212/wnl.0000000000002329
- Frith, E., & Loprinzi, P. D. (2018). Physical activity is associated with higher cognitive function among adults at risk for Alzheimer's disease. *Complementary therapies in medicine*, 36, 46-49.
- Gajardo, J., & Abusleme, M. T. (2016). Plan nacional de demencias: antecedentes globales y síntesis de la estrategia chilena. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(3), 286-296.
- Gallego, V., Hernández, A., Reigal, R., & Juárez, R. Efectos de la actividad física sobre el funcionamiento cognitivo en preadolescentes.
- García Gil, M. (2012). Manual de ejercicio físico para personas de edad avanzada. *Bizkaia, Dirección General de Deporte y Juventud de la Diputación Foral de Bizkaia*.
- Gerlinger-Romero, F., Caperuto, É. C., Maia, A. F., & Guimarães-Ferreira, L. (2014). Bases moleculares das ações da testosterona, hormônio do crescimento e IGF-1 sobre a hipertrofia muscular esquelética e respostas ao treinamento de força. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 12(2).

- González, S., Haye, A., Marín, P. P., Rosas, R., Rojas, M., & Astudillo, F. (2016). Desarrollo de Investigaciones Sobre Vejez , Envejecimiento y Personas Mayores. *Concurso de Investigación Adulto Mayor y Envejecimiento. Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Grande, G., Vanacore, N., Maggiore, L., Cucumo, V., Ghiretti, R., Galimberti, D., . . . Clerici, F. (2014). Physical activity reduces the risk of dementia in mild cognitive impairment subjects: a cohort study. *Journal of Alzheimer's Disease*, 39(4), 833-839.
- Guimaraes Pinheiro, C. (2015). Ejercicios físicos y fragilidad,¿ puede el entrenamiento de fuerza cambiar el estatus de “anciano frágil?: una revisión sistemática.
- Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 73-86.
- Gutiérrez, M. R., Campos, T. F., Aguilera, D. L., Abusleme, L. M. T., & Causa, V. M. P. (2014). Chile y sus mayores: análisis de la encuesta nacional calidad de vida en la vejez (2007, 2010 y 2013). *Sociologia e Politiche Sociali*.
- Hallage, T., Krause, M. P., Haile, L., Miculis, C. P., Nagle, E. F., Reis, R. S., & Da Silva, S. G. (2010). The effects of 12 weeks of step aerobics training on functional fitness of elderly women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2261-2266.
- Hardman, J. a. T., Harold. (1996). *Entrenamiento Moderno de la Fuerza*. Barcelona, España.
- Heath, G. W., Parra, D. C., Sarmiento, O. L., Andersen, L. B., Owen, N., Goenka, S., . . . Group, L. P. A. S. W. (2012). Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *The lancet*, 380(9838), 272-281.
- Hernandez-Rabaza, V., Llorens-Martin, M., Velázquez-Sánchez, C., Ferragud, A., Arcusa, A., Gumus, H., . . . Trejo, J. L. (2009). Inhibition of adult hippocampal neurogenesis disrupts contextual learning but spares spatial working memory, long-term conditional rule retention and spatial reversal. *Neuroscience*, 159(1), 59-68.
- Herrera, S. (2011). *Chile y sus mayores: resultados segunda encuesta nacional calidad de vida en la vejez (2010)*: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*: Ed. Médica Panamericana.
- Hoffmann, K., Sobol, N. A., Frederiksen, K. S., Beyer, N., Vestergaard, K., Brændgaard, H., . . . Jacobsen, S. (2015). Moderate to high-intensity physical exercise in patients with Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 11(7), P324-P325.
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243-2257.
- Huang, G., Wang, R., Chen, P., Huang, S. C., Donnelly, J. E., & Mehlferber, J. P. (2015). Dose-response relationship of cardiorespiratory fitness adaptation to controlled endurance training in sedentary older adults. *European Journal of Preventive Cardiology*, 23(5), 518-529. doi: 10.1177/2047487315582322
- Huang, T., Larsen, K. T., Ried-Larsen, M., Moller, N. C., & Andersen, L. B. (2014). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scand J Med Sci Sports*, 24. doi: 10.1111/sms.12069
- Inc, S. (2007). SPSS for windows (version 160). *SPSS Inc, Chicago*.
- Inc, S. (2008). SPSS statistics for Windows, version 17.0. *Chicago. Released*.
- Intlekofer, K. A., & Cotman, C. W. (2013). Exercise counteracts declining hippocampal function in aging and Alzheimer's disease. *Neurobiology of disease*, 57, 47-55.

- Iuliano, E., di Cagno, A., Aquino, G., Fiorilli, G., Mignogna, P., Calcagno, G., & Di Costanzo, A. (2015). Effects of different types of physical activity on the cognitive functions and attention in older people: A randomized controlled study. *Experimental gerontology*, 70, 105-110.
- Izquierdo Redín, M., & Casas Herrero, A. (2012). Ejercicio físico como intervención eficaz en el anciano frágil. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 2012, 35 (1). Págs. 69-85.
- Jauregui, J. R., & Rubin, R. K. (2012). Fragilidad en el adulto mayor. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*, 32(3), 110-115.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Medicine*, 5(5), 303-311.
- Knöchel, C., Oertel-Knöchel, V., O'Dwyer, L., Prvulovic, D., Alves, G., Kollmann, B., & Hampel, H. (2012). Cognitive and behavioural effects of physical exercise in psychiatric patients. *Progress in neurobiology*, 96(1), 46-68.
- Komatsu, H., Yagasaki, K., Saito, Y., & Oguma, Y. (2017). Regular group exercise contributes to balanced health in older adults in Japan: a qualitative study. *BMC geriatrics*, 17(1), 190.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., . . . Hoffman, J. R. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(2), 364-380.
- Landi, F., Capoluongo, E., Russo, A., Onder, G., Cesari, M., Lulli, P., . . . Bernabei, R. (2007). Free insulin-like growth factor-I and cognitive function in older persons living in community. *Growth hormone & IGF research*, 17(1), 58-66.
- Latorre, A., del Rincón Igea, D., & Arnal, J. (1996). Bases metodológicas de la investigación educativa.
- Leifke, E., Gorennoi, V., Wichers, C., Von Zur Mühlen, A., Von Büren, E., & Brabant, G. (2000). Age-related changes of serum sex hormones, insulin-like growth factor-1 and sex-hormone binding globulin levels in men: cross-sectional data from a healthy male cohort. *Clinical endocrinology*, 53(6), 689-695.
- Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 310-316.
- Lim, Y. (2005). Evaluación y Prescripción del Ejercicio para Poblaciones de Ancianos. *PubliCE Standard Pid*, 506.
- 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.
- López-Chicharro, J., Vicente, D., & Cancino, J. (2013). *Fisiología del Entrenamiento Aeróbico: Una Visión Integrada*. Madrid, España.
- López, N., Véliz, A., Allegri, R., Soto-Añari, M., Chesta, S., & Coronado, J. C. (2014). Efectos del ejercicio físico sobre la memoria episódica en ancianas chilenas sanas effects of physical exercise on the episodic memory in healthy elderly chileans.
- López, N., Véliz, A., Allegri, R., Soto-Añari, M., Chesta, S., & Coronado, J. C. (2015). Efectos del ejercicio físico sobre la memoria episódica en ancianas chilenas sanas. *Liberabit*, 21, 81-89.
- Maass, A., Düzel, S., Brigadski, T., Goerke, M., Becke, A., Sobieray, U., . . . Bäckman, L. (2016). Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related

- changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage*, 131, 142-154.
- Madathil, S., & Saatman, K. (2015). IGF-1/IGF-R Signaling in Traumatic Brain Injury: Impact on Cell Survival, Neurogenesis, and Behavioral Outcome.
- Matus-López, M., & Cid Pedraza, C. (2014). Costo de un sistema de atención de adultos mayores dependientes en Chile, 2012 - 2020. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 36, 31-36.
- Mías, C., Sassi, M., Masih, M., Querejeta, A., & Krawchik, R. (2007). Deterioro cognitivo leve: estudio de prevalencia y factores sociodemográficos en la ciudad de Córdoba, Argentina. *Rev Neurol*, 44(12), 733-738.
- Ministerio de Salud, S. d. S. P. (2014). *Programa Nacional de Salud de las Personas Adultas Mayores*.
- Miranda-Castillo, C., & GHigliotto, F. M. (2013). Implementación de un programa de estimulación cognitiva en personas con demencia tipo Alzheimer: un estudio piloto en chilenos de la tercera edad. *Univ. Psychol. Bogotá, colombia*, 12(2), 445-455.
- Miulescu, R. D., Margina, D., Sfetea, R. C., Paun, D., Poiana, C., & Avramescu, E. T. (2013). Cognitive benefits of aerobic exercise in patients with Cushing's syndrome. *Medicina Sportiva: Journal of Romanian Sports Medicine Society*, 9(4), 2247.
- Motl, R., & Goldman, M. (2011). Physical inactivity, neurological disability, and cardiorespiratory fitness in multiple sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(2), 98-104.
- Muller, A. P., Fernandez, A. M., Haas, C., Zimmer, E., Portela, L. V., & Torres-Aleman, I. (2012). Reduced brain insulin-like growth factor I function during aging. *Molecular and Cellular Neuroscience*, 49(1), 9-12.
- Nascimento, C., Varela, S., Ayan, C., & Cancela, J. (2016). Efectos del ejercicio físico y pautas básicas para su prescripción en la enfermedad de Alzheimer. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 32-40.
- Nascimento, C. M. C., Varela, S., Ayan, C., & Cancela, J. M. (2016). Efectos del ejercicio físico y pautas básicas para su prescripción en la enfermedad de Alzheimer. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 32-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.02.003>
- Nieto-Estévez, V., Defterali, Ç., & Vicario-Abejón, C. (2016). IGF-I: a key growth factor that regulates neurogenesis and synaptogenesis from embryonic to adult stages of the brain. *Frontiers in neuroscience*, 10, 52.
- 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. *British journal of sports medicine*, 52(3), 154-160. doi: 10.1136/bjsports-2016-096587
- Okada, S., Ogayu, T., Narita, M., & Takesima, N. (2014). Effects of Seated Exercises on Lower Body Muscular Strength and Functional Fitness of Frail Older Adults. *Rigakuryoho Kagaku*, 29(1).
- OMS. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud.
- Osses, R., Yáñez, J., Barría, P., Palacios, S., Dreyse, J., Díaz, O., & Lisboa, C. (2010). Prueba de caminata en seis minutos en sujetos chilenos sanos de 20 a 80 años. *Revista médica de Chile*, 138(9), 1124-1130.
- Padilla Colón, C. J., Sánchez Collado, P., & Cuevas, M. J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988.

- Panza, G. A., Taylor, B. A., MacDonald, H. V., Johnson, B. T., Zaleski, A. L., Livingston, J., . . . Pescatello, L. S. (2018). Can Exercise Improve Cognitive Symptoms of Alzheimer's Disease? *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(3), 487-495. doi:10.1111/jgs.15241
- Perez, M. C., Fernández, J. R., & Gili, M. (2013). Prevalencia de trastornos mentales y factores asociados en pacientes de atención primaria mayores de 75 años. *Actas Esp Psiquiatr*, 41(4), 218-226.
- Petzinger, G. M., Fisher, B. E., McEwen, S., Beeler, J. A., Walsh, J. P., & Jakowec, M. W. (2013). Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 12(7), 716-726.
- Ponce-Bravo, H., Ponce, C., Feriche, B., & Padial, P. (2015). Influence of Two Different Exercise Programs on Physical Fitness and Cognitive Performance in Active Older Adults: Functional Resistance-Band Exercises vs. Recreational Oriented Exercises. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(4), 716-722.
- Pont, P., & Carrogio, M. (2007). *Ejercicios de Motricidad y memoria para personas mayores*.
- Powell, K. E., Paluch, A. E., & Blair, S. N. (2011). Physical activity for health: What kind? How much? How intense? On top of what? *Public Health*, 32(1), 349.
- Prieto, J. A., Valle, M. D., Nistal, P., Méndez, D., Abelairas-Gómez, C., & Barcala-Furelos, R. (2015). Repercusión del ejercicio físico en la composición corporal y la capacidad aeróbica de adultos mayores con obesidad mediante tres modelos de intervención. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 1217-1224.
- Quiroga L, P. A. B., Cecilia; Klaasen P, Gonzalo (2004). Validación de un test de tamizaje para el diagnóstico de demencia asociada a edad, en Chile. *Rev Méd Chile* 2004; 132: 467-478.
- Ramírez, W., Vinaccia, S., & Suárez, G. R. (2004). El impacto de la actividad física y el deporte sobre la salud, la cognición, la socialización y el rendimiento académico: una revisión teórica. *Revista de Estudios Sociales*, 67-75.
- Ramnath, U., Rauch, L., Lambert, E., & Kolbe-Alexander, T. (2018). The relationship between functional status, physical fitness and cognitive performance in physically active older adults: A pilot study. *PloS one*, 13(4), e0194918.
- Rao, S. M., & Sarkar, A. (2017). Beneficial Effects of Exercise on Cognitive Decline in Old Age. *Indian Journal of Gerontology*, 31(4), 423-429.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual: Human Kinetics*.
- Rodríguez, M. D. (2013). Valoración funcional y prescripción de ejercicio en pacientes con cardiopatía.
- Rubio Hurtado, M. J., & Berlanga Silvente, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2012, vol. 5, num. 2, p. 83-100.
- Ruscheweyh, R., Willemer, C., Krüger, K., Duning, T., Warnecke, T., Sommer, J., . . . Knecht, S. (2011). Physical activity and memory functions: an interventional study. *Neurobiology of aging*, 32(7), 1304-1319.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. d. l. L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1): Mcgraw-hill México.
- Sanchez-Lopez, J., Silva-Pereyra, J., Fernández, T., Alatorre-Cruz, G. C., Castro-Chavira, S. A., González-López, M., & Sánchez-Moguel, S. M. (2018). High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. *PloS one*, 13(1), e0191561.

- Schuch, F., Vasconcelos-Moreno, M., & Fleck, M. (2011). The impact of exercise on Quality of Life within exercise and depression trials: A systematic review. *Mental health and physical activity*, 4(2), 43-48.
- SENAMA-MIDEPLAN. (2009). *Dimensiones del Envejecimiento: Su Expresión Territorial*.
- SENAMA-MIDEPLAN. (2014). Relación Calidad de Vida y Vejez.
- Sergio, M. (2006). Motricidad Humana¿Cuál es el futuro. *Revista pensamiento educativo*, 38, 14-33.
- Siancas, A., & Ernesto, E. (2016). La función del hipocampo en el procesamiento de la memoria y su deterioro durante el envejecimiento. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 16(4), 21-30.
- Snowden, M., Steinman, L., Mochan, K., Grodstein, F., Prohaska, T. R., Thurman, D. J., . . . Zweiback, D. J. (2011). Effect of exercise on cognitive performance in community-dwelling older adults: review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(4), 704-716.
- Stein, A. M., Silva, T. M. V., Coelho, F. G. d. M., Arantes, F. J., Costa, J. L. R., Teodoro, E., & Santos-Galduróz, R. F. (2018). Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dementia & neuropsychologia*, 12(2), 114-122.
- Strickland, J. C., & Smith, M. A. (2016). Animal models of resistance exercise and their application to neuroscience research. *Journal of Neuroscience Methods*.
- 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.
- Taylor, D. (2014). Physical activity is medicine for older adults. *Postgraduate medical journal*, 90(1059), 26-32.
- Thomas, J. R., Silverman, S., & Nelson, J. (2015). *Research methods in physical activity*, 7E: Human kinetics.
- Valipour Dehnou, V., & Motamedi, R. (2019). The Effect of One Circuit Training Session on the Serum Levels of Brain-Derived Neurotrophic Factor and Insulin-Like Growth Factor-1 in the Elderly. *Iranian Journal of Ageing*, 13(4), 428-439.
- van Uffelen, J. G., Paw, M. J. C. A., Hopman-Rock, M., & van Mechelen, W. (2008). The effects of exercise on cognition in older adults with and without cognitive decline: a systematic review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(6), 486-500.
- Venturelli, M., Lanza, M., Muti, E., & Schena, F. (2010). Positive effects of physical training in activity of daily living-dependent older adults. *Experimental aging research*, 36(2), 190-205.
- Villada, F. A. P., Vélez, E. F. A., & Baena, L. Z. (2013). Ejercicio físico y depresión en adultos mayores: una revisión sistemática. *Revista colombiana de Psiquiatría*, 42(2), 198-211.
- Walsh, J. J., Scribbans, T. D., Bentley, R. F., Kellawan, J. M., Gurd, B., & Tschakovsky, M. E. (2015). Neurotrophic growth factor responses to lower body resistance training in older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(3), 315-323.
- Wall, K., Stark, J., Schillaci, A., Saulnier, E., McLaren, E., Striegnitz, K., . . . Anderson-Hanley, C. (2018). The Enhanced Interactive Physical and Cognitive Exercise System (iPACESTM v2. 0): Pilot Clinical Trial of an In-Home iPad-Based Neuro-Exergame for Mild Cognitive Impairment (MCI). *Journal of clinical medicine*, 7(9), 249.

- Whiteman, A. S., Young, D. E., Budson, A. E., Stern, C. E., & Schon, K. (2016). Entorhinal volume, aerobic fitness, and recognition memory in healthy young adults: A voxel-based morphometry study. *Neuroimage*, 126, 229-238.
- Yoon, D. H., Kang, D., Kim, H. j., Kim, J. S., Song, H. S., & Song, W. (2016). Effect of elastic band-based high-speed power training on cognitive function, physical performance and muscle strength in older women with mild cognitive impairment. *Geriatrics & gerontology international*.
- Yu-Kai, C., Chien-Yu, P., Feng-Tzu, C., Chia-Liang, T., & Chi-Chang, H. (2012). Effect of Resistance-Exercise Training on Cognitive Function in Healthy Older Adults: A Review. *Journal of Aging & Physical Activity*, 20(4), 497-517.
- Yun, C., & Abrahamson, K. (2015). Does Exercise Impact Cognitive Performance in Community-dwelling Older Adults with Mild Cognitive Impairment? A Systematic Review. *Quality in Primary Care*, 23(4), 214-222.
- Zoeller Jr, R. F. (2010). Exercise and Cognitive Function: Can Working Out Train the Brain, Too? *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(5), 397-409.

Anexos

Anexo 1. Consentimiento Informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Aplicación de un programa de ejercicios de fuerza muscular y de resistencia aeróbica a un grupo de mujeres mayores de la Comuna de Talcahuano.

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio Efectos de los ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognoscitivo en adultos mayores, a cargo del/de la investigador/a **Humberto Eugenio Castillo Quezada**, alumno de post grado de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

El objetivo principal de este trabajo es Determinar la efectividad de un programa de entrenamiento de estimulación de la fuerza muscular y otro basado en el entrenamiento de la capacidad aeróbica, respecto del nivel cognitivo en adultos mayores de la comuna de Talcahuano

Si acepta participar en este estudio, requerirá en primer término ser evaluada al inicio y al término de la Investigación; los test se describen a continuación. Y Si fue elegida a formar parte de uno de los grupos experimentales, es decir en el Programa de Fuerza o Capacidad Aeróbica, deberá someterse a uno de los programas de entrenamiento descrito en este consentimiento durante un periodo de cuatro meses.

Mini-mental State Examination (MMSE), Este cuestionario, debe responderlo en forma verbal y escrito, consta de once preguntas relacionadas con la memoria, orientación, lenguaje, atención y cálculo; además mide la capacidad de ejecutar instrucciones simples de órdenes verbales y por escrito, lo que tiene por objetivo detectar el deterioro cognitivo y/o alteraciones neurológicas. Esta actividad se efectuará de manera personal con su entrevistador, el tiempo estimado, será de 10 minutos aproximadamente. Su participación es totalmente voluntaria y podrá abandonar la investigación sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted.

Además tendrá el derecho a no responder alguna pregunta si así lo estima conveniente. La totalidad de la información obtenida será de carácter confidencial, para lo cual los informantes serán identificados con código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en el Mini-mental State Examination (MMSE) a metodología de cada presentación será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados.

Muestra Sanguínea, consiste en la extracción de una pequeña muestra de sangre (5 a 8 ml. aproximadamente) para medir los niveles basales del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1). Este procedimiento se realizará con profesionales de un laboratorio médico especializado, con todas las condiciones de seguridad de acuerdo al protocolo exigido por el Ministerio de Salud. El objetivo de de esta muestra es complementar con mayor evidencia empírica los resultados obtenidos en las demás pruebas. El tiempo que dura este procedimiento será de 5 minutos aproximadamente, este examen se realizará en ayuna y ese día no se realizará actividad física. Las muestras serán de uso único y exclusivo para la presente investigación. Este examen se repetirá al término de la Investigación (al cabo de cuatro Meses).

Medición de la fuerza muscular tanto de brazos como de piernas. Para este procedimiento, Ud. deberá realizar someterse a unos ejercicios de contra resistencia en una máquina de fuerza muscular que permitirá conocer su capacidad de fuerza, tanto de brazos como de piernas y para el grupo experimental, programar posteriormente los ejercicios que deberá realizar durante el desarrollo del entrenamiento. Esta actividad se repetirá al término de la investigación (12 semanas), con lo que podrá establecer el mantenimiento o mejora de su fuerza muscular. La medición se llevará a cabo en forma individual, con ayuda de un profesor de Educación Física y su equipo colaborador, además con la asistencia de una enfermera. Concretamente, el procedimiento consistirá en tomar posición de cúbito dorsal sobre una banca donde deberá levantar un peso no mayor al 1/8 de su peso corporal en un total de 10 a 12 repeticiones (prensa de banca). Posteriormente, luego de 10 minutos de descanso, se realizará la medición de la fuerza de piernas, situación donde –en posición sentado y con rodillas fletadas- deberá extender sus piernas empujando un peso no superior al 1/4 de su peso corporal en un total de 10 a 12 repeticiones (prensa de piernas). Ambas mediciones tendrán una duración máxima de 30 minutos. Esta actividad se realizará en el complejo deportivo de la Municipalidad de Talcahuano o en las dependencias deportivas de la Universidad Andrés Bello.

Prueba de los 6 minutos de Marcha (Senior Fitness Test para Mujeres) Esta prueba tiene por objetivo estimar su capacidad aeróbica (VO_2 máx.), cuya tarea consiste en caminar a un ritmo cómodo para Ud. y recorrer una distancia en una superficie plana (Rectángulo 18.4 x 4.6 mtrs.) en un tiempo de seis minutos y a partir de este dato se podrá estimar su consumo máximo de oxígeno. Si Ud. estima necesario detenerse o retirarse de la prueba lo puede

hacer. Esta actividad se efectuará de manera grupal en el lugar donde realiza su taller habitual; el tiempo total estipulado para realizar esta prueba, será alrededor de 12 minutos aproximadamente.

La totalidad de la información obtenida será de carácter confidencial, para lo cual los participantes serán identificados con un código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita al obtener los resultados de las evaluaciones de la prueba de 6 minutos de marcha (Senior Fitness Test para mujeres). Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación y su presentación será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados. Esta prueba se repetirá al término de la investigación.

Entrenamiento Aeróbico: Si fue seleccionada para participar en el programa de Entrenamiento Aeróbico, requerirá realizar ejercicios de movimientos generales de su cuerpo tales como: caminar, trotar, rebotar sobre superficies blandas, circuitos de ejercicios con autocargas, ejercicios con bandas elásticas, balones, bailes, etc. sin llegar a agitarse por completo, lo que se controlará a través de la percepción a la fatiga que Ud. declare (escala de percepción de esfuerzo de Borg) o monitor de frecuencia cardiaca que monitoreará en forma permanente su profesor. Este trabajo tiene por objeto provocar adaptaciones en la eficiencia del sistema de transporte de oxígeno en su organismo. Las sesiones se efectuarán de manera grupal con una duración de 45 minutos aproximadamente, con una frecuencia de tres veces por semana en días alternos; el programa de ejercicios se prolongará por un periodo de cuatro meses.

Entrenamiento de Fuerza: Si fue seleccionada para participar en el programa de ejercicios de Fuerza Muscular, que tiene por objetivo provocar incrementos en la producción de fuerza tanto de brazos como de piernas. Esta actividad se efectuará con trabajos resistidos en forma gradual con bastones, pesas, mancuernas, tobilleras, máquinas multifuncionales, o trabajo con su propio cuerpo. En un periodo de cuatro meses, ejercitando con pesos leves a medianos para los diferentes segmentos corporales y localizados. Esta actividad se efectuará de manera grupal, pero con cargas personales (de acuerdo a diagnóstico) el tiempo estipulado por sesión será de 45 minutos aproximadamente, con una frecuencia de tres veces a la semana en días alternos.

En la aplicación de todos los test se contará con la presencia de un profesional de la salud (enfermera), profesores de educación física involucrados en la investigación y un representante de la oficina de Deportes de la entidad Municipal.

Su participación es totalmente voluntaria y podrá abandonar la investigación sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted.

Además, la totalidad de la información obtenida será de carácter confidencial, para lo cual los participantes serán identificados con un código, sin que su identidad sea requerida o escrita en los registros de los resultados del entrenamiento. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación y su presentación será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados por personas ajenas a la investigación.

Su participación en este estudio no le reportará beneficios económicos personales, no obstante, los resultados del trabajo constituirán un aporte al conocimiento en torno al área de la actividad física y salud. Con el presente estudio, se pretende evaluar la eficacia que poseen tanto los ejercicios de fuerza y aeróbicos respectivamente en el estado cognoscitivo de las personas mayores y a partir de estos, mejorar la aplicación de estos programas de actividad física, contribuyendo así a la optimización de su calidad de vida. Además por medio de la realización de este programa se pretende demostrar la importancia del ejercicio como medio no farmacológico en el mejoramiento del estado cognoscitivo del adulto mayor. De igual manera, a través de esta investigación, se busca difundir información científica sobre los programas de actividad física que se realizan en vuestra Comuna y en otras comunidades del país.

Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el/la investigador/a responsable, Humberto Eugenio Castillo Quezada al teléfono 956578574 o a su correo electrónico institucional humberto.castillo@unab.cl.

Si desea efectuar consultas respecto de sus derechos como participante puede contactar a la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación a través de la Dirección de Investigación de la UMCE al teléfono 22412441, o al correo electrónico evaluacion.etica@umce.cl

Por medio del presente documento declaro haber sido informada de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio Efectos de ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognoscitivo en adultos mayores. Manifiesto mi interés de participar en este estudio y declaro que he recibido un duplicado firmado de este documento que reitera este hecho.

Acepto participar en el presente estudio

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 2. Autorización DIDECO



OFICIO DIDECO N° 805 /

ANT. : Carta de Sr. Humberto Castillo Quezada a DIDECO de fecha 15 de abril de 2016, solicita factibilidad de realizar estudio.

MAT. : Da respuesta a solicitud de carta de Sr. Humberto Castillo Quezada a DIDECO de fecha 15 de abril de 2016.

TALCAHUANO, **19 ABR. 2016**

DE: DIRECTORA DESARROLLO COMUNITARIO

A : SR. HUMBERTO CASTILLO QUEZADA

Por el presente, informo a usted, que hemos recibido carta solicitud mencionada en Ant., en la que solicita la factibilidad de realizar un estudio denominado "Efectos de ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognitivo en adultos mayores" que pertenecen a los talleres de la Oficina de Deportes - Depto. Juventud y Deporte de esta Dirección, proyecto de investigación para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Motricidad Humana.

Al respecto debo indicarle que se autoriza la realización de dicho estudio en el marco de los talleres antes señalados con la población adscrita a éstos en la medida que las personas participantes manifiesten su voluntad de participar de este estudio.

Cabe señalar que se solicitará a Ud. las copias de las cartas de consentimiento informado de los participantes así como los resultados de la investigación, tal como se señala en la carta solicitud.

Deseándole el mayor de los éxitos en este estudio, saluda con atención,


KATHERINE CORTES FARIAS
DIRECTORA
DESARROLLO COMUNITARIO

KCF/VLG/ABC/vlg

DISTRIBUCIÓN:

Sr. Humberto Castillo Quezada
DIDECO
Depto. Juventud y Deporte
Oficina de Deportes

Anexo 3. Test IGF-1



**LABORATORIO
CLÍNICO
CASTELLÓN**

ROL: B-3030

NOMBRE: ORIALIS SAN MARTIN TORO

PROCEDENCIA:

FECHA: 24/10/2016

GLICEMIA

Resultado: 109 mg/dl

(N: 55 - 115 mg/dl)

INSULINA BASAL

Resultado: 17,1 uUI/ml

(N: 2,6 - 24,9 uUI/ml)

HOMA (Ir)

Resultado: 4,1

(N: Menor que 2,50)

CREATININEMIA (JAFJE)

RESULTADO: 0,86 mg/dl

(N: Hasta 1,10 mg/dl)

MDRD: 65,6 ml/min/1,73 m

(N: Mayor a 60 ml/min/1,73m2)

UREMIA (UREASA)

Resultado: 33 mg/dl

(N: 10 - 50 mg/dl)

URICEMIA

Resultado: 3,3 mg/dl

(N: 2,4 - 5,7 mg/dl)

CALCEMIA (ARSENATO III)

Resultado: 9,4 mg/dl

(N: 8,5 - 10,5 mg/dl)

FOSFEMIA

Resultado: 4,6 mg/dl

(N: 3,0 - 6,0 mg/dl)

IGF-1 (INSULIN-LIKE GROWTH FACTOR-1)

(Método: Inmunoradiométrico IRMA)

Resultado: 95,3 ng/ml

(N: 78 - 258 ng/ml)

**DR. EDDIE OÑATE HENRIQUEZ
BIOQUÍMICO**

Tucapel 143 - Concepción - Sucursal: Janequeo 225 - Teléfono: 9 086 841-8

Anexo 4. Autorización Comité de Ética.



COMITÉ DE
ÉTICA INSTITUCIONAL
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

SANTIAGO 17 DE ABRIL 2017
INFORME ÉTICO N°140/

Sr.
Humberto Castillo Quezada
Facultad de Artes y Educación Física
Departamento de Educación Física Deportes y Recreación
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Presente



Estimados:

Se hace llegar a ustedes el presente informe emitido por el Comité de Ética Institucional, en relación con:

I. IDENTIFICACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO: Efectos de ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognoscitivo en adultos mayores.

TIPO DE PROYECTO: Tesis para optar al grado de Doctorado en Ciencias de la Motricidad Humana.

INVESTIGADOR RESPONSABLE: Humberto Eugenio Castillo Quezada

PROFESOR GUÍA: Edgardo Molina Sotomayor

II. DOCUMENTOS TENIDOS A LA VISTA PARA LA EMISIÓN DE ESTE INFORME:

- Tesis de Postgrado
- Consentimientos Informados

III. HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Objetivo General: El objetivo de esta investigación es determinar la efectividad de un programa de entrenamiento de estimulación de la fuerza muscular y otro basado en el entrenamiento de la capacidad aeróbica, respecto del nivel cognitivo en adultos mayores de la comuna de Talcahuano

Objetivos Específicos:

- Conocer el nivel de fuerza muscular presente en adultos mayores antes y después de participar en los programas de entrenamiento
- Conocer el nivel de capacidad aeróbica presente en adultos mayores antes y después de participar en los programas de entrenamiento.
- Estimar el nivel cognitivo, del grupo control y experimental de las adultas mayores al inicio y al término de la investigación.

Hoja 1 de 4

Universidad de Santiago de Chile | Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación
Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 2229 | Santiago | Chile
Segundo piso | oficina n° 2 | Teléfono: +56 2 27180293 - 294
www.cei.usach.cl | www.vridei.usach.cl



- Conocer el nivel de Somatomedina C (IGF-1) de las adultos mayores sometidas a un trabajo de entrenamiento de fuerza muscular y otro aeróbico antes y después de participar en los respectivos programas de entrenamiento
- Conocer el nivel de Somatomedina C (IGF-1) de las adultas mayores del grupo control al inicio y al término de la investigación.

IV. ANÁLISIS ÉTICO

Los siete requisitos delineados por el bioeticista Ezekiel Emanuel han proporcionado un marco sistemático y racional para determinar si una investigación es ética, por lo que están enunciados para guiar el desarrollo, ejecución de protocolos y su revisión. A dicha causa, durante el curso de este análisis, los mencionados puntos serán nuestro marco de referencia. A continuación, acá descritos:

1) Valor Social

La Tesis cuenta con valor social



2) Validez Científica

Se deben corregir aspectos metodológicos menores. Como el diseño de investigación, planteado como experimental y cuasi experimental lo cual presenta una incongruencia con respecto a la aleatorización de los sujetos, en este caso se recomienda solo dejar como estudio experimental con selección aleatoria de los sujetos.

3) Selección equitativa de los sujetos de estudio

Este proyecto cuenta con una selección equitativa de los sujetos ya que se garantiza por el proceso de aleatorización de la muestra.

4) Proporción favorable riesgo-beneficio

Con respecto a este punto, toda investigación puede justificarse sólo cuando los riesgos potenciales a los sujetos individuales se minimizan, los beneficios potenciales a los sujetos individuales o a la sociedad se maximizan y los beneficios potenciales son proporcionales o exceden a los riesgos asumidos.



Este proyecto cuenta con este ítem, solo se sugiere corregir el primer punto del aporte o impacto en el área o disciplina en que se adscribe el proyecto. Donde se manifiesta que los beneficios serán: Inclusión: Por las características de la población, escasos recursos (alta vulnerabilidad) no tienen acceso a programas de esta naturaleza. Ya que no es un beneficio directo si no que solo efecto del estudio.

5) Evaluación Independiente

Se cumple en cuanto el proyecto está siendo analizado en un Comité de Ética de Investigación de la Universidad de Santiago, compuesto por profesionales que no están involucrados en la génesis y ejecución del proyecto. En el formato de Consentimiento Informado debe agregarse cómo entidad que responde dudas de los probandos, la información del CEC revisor.

6) Consentimiento Informado

Se debe reformular el consentimiento el cual es demasiado técnico y extenso, se sugiere utilizar el formato institucional.

1. Logo Institucional
2. Título del Proyecto
3. Objetivos
4. Procedimientos.
5. Costos asociados y beneficios de participar.
6. Derechos
7. Ausencia de coerción o influencia indebida
8. Posibilidad de consultar a terceros
9. Posibilidad de aceptación, rechazo o retiro
10. Responsabilidad del sujeto
11. Contactos del Investigador Principal y del Comité de Ética Institucional
12. Copia del documento firmado para ambas partes (sujetos e investigadores)
13. Fecha de firma del documento.”



7) Respeto Integral de los participantes del estudio.

El proyecto de investigación asegura a los participantes de ser tratados con respeto durante toda la investigación; manteniendo confidencialidad de su identidad y de todos los datos obtenidos en la cadena de custodia (obtención anonimizada, confidencialidad, eliminación y uso exclusivo para efectos de esta investigación), informando los resultados de la investigación y vigilando sigilosamente el bienestar físico y emocional del sujeto participante.

Este punto se cumple en el presente proyecto.

Hoja 3 de 4

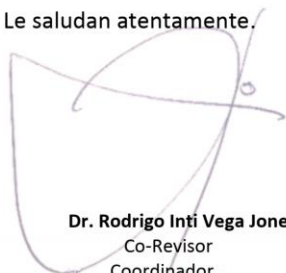
Universidad de Santiago de Chile | Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación
Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 2229 | Santiago | Chile
Segundo piso | oficina n° 2 | Teléfono: +56 2 27180293 - 294
www.cei.usach.cl | www.vridei.usach.cl



V. CONCLUSION:

En base a los antecedentes expuestos el Comité de Ética considera este proyecto como **APROBADO** y autoriza al investigador a comenzar la recolección de datos.

Le saludan atentamente.



Dr. Rodrigo Inti Vega Jones
Co-Revisor
Coordinador
Área Ciencias de la Salud Biomédicas y Biológicas
Comité de Ética Institucional



Sr. Nicolás Vega Fuentes
Revisor Principal
Área Ciencias de la Salud Biomédicas y Biológicas
Comité de Ética Institucional

IVJ/NVF

Distribución:

- 1.- Prof. Humberto Castillo – Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación, UMCE
- 2.- Archivo Comité de Ética Institucional

Anexo 5. Evidencias Fotográficas



