



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

Facultat de Ciències de l'Activitat Física i Esport

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON DIFERENTES
MATERIALES SOBRE EL METABOLISMO Y LA APTITUD
FUNCIONAL EN MUJERES ADULTAS Y SEDENTARIAS CON
SÍNDROME METABÓLICO**

TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO 3068

Departamento de Educación Física y Deportiva

Presentada por:

Prof. Mg. Jorge Flández Valderrama

Dirigida por:

Dr. D. Juan Carlos Colado Sánchez y Dr. D. José Devís Devís

Valencia. Enero de 2014

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis, a mis padres Mario y Edita, por formarnos con amor y sólidos valores y principios, a pesar de nuestra adversidad y resiliencia familiar de la época.

A mis hijos Jorge Alonso y Amparito Belén, quienes con su sonrisa y amor, iluminaron mi corazón para no perder el horizonte.

A mi amada esposa Loreto, por su paciencia, su belleza espiritual y apoyo incondicional y su gran amor hacia nuestra familia.

AGRADECIMIENTOS

Desde estas líneas, deseo expresar mi más profundo agradecimiento, a todas aquellas personas e instituciones que me han acompañado en este largo trayecto de formación humana, profesional, académica y más concretamente, en la culminación de este anhelado desafío académico.

En primer lugar, al Dr. Juan Carlos Colado Sánchez, quien junto a sus profundos conocimientos y experticia académica e investigativa, logra trascender y compartir su sencillez y calidad humana en tiempos diversos y también adversos, generando instancia de motivación, confianza y empatía permanente en la conducción y orientación de esta Tesis Doctoral.

Al Dr. José Devis, por compartir su sabiduría y vasta experiencia investigativa y su inestimable colaboración para que esta investigación pueda llegar a su fin.

A mi querida esposa Loreto y amados hijos, Jorge Alonso y Amparo Belén, por comprenderme y acompañarme con sus sonrisas, sus palabras sabias y cariñosas, que llenan de alegría mi corazón y me otorgan la energía y fortaleza necesaria para trascender a una dimensión distinta y especial de la vida, de sobremanera, en momentos de incertidumbres y dudas.

Quiero agradecer también, a mis hermanos José Luis y Mario; amigos de España y Chile; ex estudiantes y colegas diversos; quienes en distintos niveles y tiempos, me acompañaron

con su palabra, afecto, amistad y trabajo en las etapas complejas y duras de esta trayecto investigativo.

A la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Valencia de España, por otorgar la posibilidad de desarrollarme de manera profesional y académica y aportar al desarrollo de la formación inicial docente, como también al conocimiento y la transformación humana y cultural de la comunidad regional, nacional e internacional.

De igual forma, a Clínica Alemana de Valdivia como asimismo al Centro de Salud Familiar Dr. Jorge Sabat G. y al Gimnasio Corpos., instituciones de la ciudad de Valdivia-Chile, quienes facilitaron y permitieron el desarrollo del trabajo de campo.

En general, agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de este trabajo investigativo, pese a que no constan sus nombres en este reducido espacio.

RESUMEN

La falta de actividad física es un problema de salud pública. El riesgo relativo de inactividad física es similar al de la hipertensión arterial, la hipercolesterolemia y el tabaquismo, por lo que el sedentarismo se asocia a un aumento simultáneo de las enfermedades no transmisibles. El aumento de la prevalencia de enfermedades no transmisibles, estimulado por los factores del estilo de vida como la inactividad física se da en diferentes grupos etarios, aunque de manera especial en mujeres pre y menopaúsicas, puesto que es un periodo crítico en el cual se genera un aumento del riesgo cardiovascular y una reducción de la aptitud funcional y por consiguiente, de manera general, un deterioro significativo de la salud y la calidad de vida.

El ejercicio físico es uno de los componentes, si no el más importante, en los programas de reducción de riesgo cardiovascular y mejora de la dislipidemia. Aunque históricamente las organizaciones especializadas han enfatizado y centrado sus recomendaciones en la práctica de ejercicio físico de tipo aeróbico, las directrices recientes tienen su mirada dirigida al entrenamiento de fuerza, indicando que éste debe ser complementario al de resistencia aeróbica. Por este motivo han sido realizados estudios donde se entrenaba la fuerza en diferentes grupos etarios, entre ellos mujeres de edad adulta, empleando, en la mayoría de los casos, dispositivos externos tradicionales de peso libre (como por ejemplo barras y discos). Sin embargo, estos dispositivos son costosos y no todos los ejercitantes e instituciones tienen acceso a ellos.

Es por esto que han surgido estudios que han tratado de identificar otros dispositivos de bajo coste, fácil uso y almacenaje, empleándose como válidos las bandas elásticas o la denominada plataforma *Exercise Station de Thera-Band®* de tubos elásticos. Los efectos de

este tipo de dispositivos han sido medidos en mujeres deportistas, sin embargo, nada se sabe respecto de los efectos que tendría en la población etaria aquí indicada.

El objetivo general del presente estudio se centró en evaluar los efectos sobre el riesgo cardiovascular y el rendimiento físico provocado por un entrenamiento de fuerza con diferentes tipos de dispositivos en mujeres de 40 a 50 años de edad, con bajo riesgo metabólico. De acuerdo a la revisión bibliográfica efectuada y a la experiencia profesional acumulada, se plantea la posibilidad de que un programa de entrenamiento de fuerza con la plataforma *Exercise Station de Thera-Band®* de tubos elásticos contribuiría a reducir el riesgo cardiovascular y a mejorar la aptitud funcional en mujeres entre 40 y 50 años, con bajo riesgo metabólico, al igual que lo harían los dispositivos tradicionales de peso libre.

Para ello, se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado con una muestra compuesta por 62 mujeres, de entre 40 y 50 años, amas de casa, sedentarias y con prevalencia de síndrome metabólico, reclutadas todas ellas en el Centro de Salud Familiar Municipal (CESFAM), Dr. Jorge Sabat, de la comuna de Valdivia, Chile. Se dividieron de manera aleatoria y equilibrada en tres grupos. El primero de ellos, realizó ejercicios con tubos elásticos en la plataforma *Exercise Station de Thera-Band®* (n=22); el segundo grupo realizó ejercicios con dispositivos tradicionales de peso libre (n=20); y el tercer grupo correspondió al grupo de seguimiento o control (n=20).

La duración del período de intervención fue de 12 semanas. El programa de entrenamiento estuvo compuesto por 10 ejercicios organizados en circuito. Durante el primer y segundo mes se realizaron 3 vueltas al circuito efectuando 15 repeticiones por ejercicio, mientras que en el tercer mes se realizaron 4 vueltas con 10 repeticiones por ejercicio. En todos los meses la micropausa activa intra-ejercicio se mantuvo en 30 segundos y la

macropausa pasiva intra-circuito, en 1 minuto. La intensidad fue controlada a través de la escala OMNI-RES de esfuerzo percibido para bandas elásticas.

Los efectos del entrenamiento sobre el riesgo cardiovascular se evaluaron a través del análisis de los siguientes biomarcadores sanguíneos: Proteína C Reactiva, Hemoglobina Glicosilada, Lipoproteína de baja densidad y Colesterol Total. En cuanto a los efectos del entrenamiento sobre el rendimiento físico, estos fueron evaluados mediante test de medición de variables asociadas a la aptitud funcional: Flexibilidad (*Sit and Reach Test*), Equilibrio (Test de equilibrio monopodal), Coordinación General (*Timed Up and Go Test* de 3 m) , Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria de miembros superiores e inferiores (sentadilla a un cuarto y remo vertical), Fuerza Abdominal Frontal y Lateral (*Prono Bridge Test* y *Lateral Bridge Test*) y Capacidad Aeróbica (*6 Minutes Walk Test*). Todos los parámetros fueron analizados pre y post intervención.

Los resultados obtenidos respecto a los biomarcadores sanguíneos han mostrado que el entrenamiento con tubos elásticos, mediante la plataforma *Exercise Station de Thera-Band®*, han provocado una mejora estadísticamente significativa intra-grupo ($p < 0,05$) en los parámetros Proteína C Reactiva (-33,96%), Hemoglobina Glicosilada (-6,74%) y Lipoproteína de baja densidad (-9,9%), así como una mejora estadísticamente significativa respecto al grupo control en la Proteína C Reactiva, además de una tendencia en la reducción del colesterol a nivel intra-grupo. Además, en todos los parámetros metabólicos, las mejoras del grupo que se entrenó con la *Exercise Station de Thera-Band®* parecen que fueron mayores que las obtenidas por el grupo de peso libre, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas. El grupo de peso libre tuvo una reducción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en la Hemoglobina Glicosilada (-3,03%), manifestando una reducción no significativa en el resto de biomarcadores sanguíneos medidos.

Respecto a los resultados obtenidos en los parámetros de aptitud funcional/dinapenia, casi todos ellos han mostrado una mejoría estadísticamente significativa intra-grupo ($p < 0,05$) en los grupos de ejercicio físico, apareciendo en general diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control. El grupo entrenado mediante la plataforma de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®*, obtuvo las siguientes mejoras de manera estadísticamente significativa: *Seat and Reach* activo (+26,27%), Equilibrio Monopodal pierna derecha (-69,51%), *Timed Up and Go* de 3m (-9,26%), *Prono Bridge Test* (+74,47%), *Lateral Bridge Test* (+60,49%), *6 Minutes Walk Test* (+7,77%), Remo vertical (+38,96%) y Sentadilla 1/4 (+51,15%). Los resultados también han sido muy positivos de manera estadísticamente significativa para el grupo de peso libre, sin diferencias respecto al grupo de tubos elásticos, siendo estos los resultados: *Seat and Reach* activo (+24,01%), Equilibrio Monopodal pierna derecha (-65,39%), *Timed Up and Go* de 3m (-15,13%), *Prono Bridge Test* (+120,64%), *Lateral Bridge Test* (+105,20%), *6 Minutes Walk Test* (+6,59%), Remo vertical (+31,42%).

En función de los resultados y evidencias obtenidas se puede concluir que la realización de un programa de ejercicio físico de fuerza resistencia de 12 semanas, utilizando un dispositivo alternativo e innovador como es la plataforma de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®*, aplicado en una población de mujeres adultas, sedentarias y con prevalencia de síndrome metabólico, genera los mismos beneficios sobre la salud metabólica y aptitud funcional que los dispositivos tradicionales de peso libre.

En consecuencia, según las consideraciones expresadas en el desarrollo de esta investigación, se propone la introducción de tubos elásticos durante el acondicionamiento de la fuerza, ya que además de dar más diversidad de opciones, puede contribuir positivamente a la mejora de la salud metabólica y de la aptitud funcional.

Palabras clave: fuerza, tubos elásticos, peso libre, riesgo cardiovascular.

Summary

Lack of physical activity is a public health problem. The relative risk of physical inactivity is similar to hypertension, hypercholesterolemia and smoking, so sedentary is associated with a simultaneous increase in non-communicable diseases. The increasing prevalence of non-communicable diseases, stimulated by factors of lifestyle and physical inactivity is given in different age groups, but especially in pre-and postmenopausal women, since it is a critical period in which it generates increased cardiovascular risk and reduced functional ability, and therefore in general, a significant decline in health and quality of life.

Exercise is one of the components, if not the most important programs in reducing cardiovascular risk and improving dyspnea. Although historically specialized organizations have emphasized and focused its recommendations on the practice of aerobic exercise, recent guidelines have their eyes turned to strength training, indicating that it owes to be complementary to the resistance. For this reason studies have been performed where the force is trained in different age groups, including adult women, using, in most cases, traditional free weight external devices (such as bars and discs). However, these devices are expensive and not all exercisers and institutions have access to them.

That is why studies have attempted to identify other low cost devices, easy use and storage, using rubber bands as valid or Exercise Station platform called Thera-Band® elastic tubes have emerged. The effects of these devices were measured in female athletes, however, nothing is known about the effects it would have on the population age hereof.

The main objective of this study focused on evaluating the effects on cardiovascular risk and physical performance caused by strength training with different types of devices in women 40 to 50 years old with low metabolic risk

According to the literature review and the accumulated professional experience the possibility that a program of strength training with Thera-Band Exercise Station ® elastic tubing platform help to reduce cardiovascular risk and improve functional fitness in women arises between 40 and 50 years with low metabolic risk as they would traditional free weight devices.

For this purpose, a clinical trial was conducted with a randomized sample of 62 women between 40 and 50 years old, housewives, sedentary and with prevalence of metabolic syndrome, recruited all in the Family Health Municipal Center (CESFAM), Dr. Jorge Sabat, commune of Valdivia, Chile. They were divided randomly and in a balanced manner into three groups. The first, conducted exercises with elastic tubing in Exercise Station platform Thera-Band ® (n = 22), the second group performed exercises with free weight traditional devices (n = 20), and the third group corresponded to the group monitoring or control (n = 20).

The duration of the intervention period was 12 weeks. The training program consisted of 10 exercises organized circuit. During the first and second month 3 turns were made to the circuit performing 15 repetitions per exercise, while in the third month 4 laps were performed with 10 repetitions per exercise.

In all months , active micropause intraexercise remained in 30 seconds and passive macropause intracircuit 1 minute. The intensity was controlled through the OMNI-RES scale of perceived exertion for rubber bands. Training effects on cardiovascular risk were

evaluated through analysis of the following blood biomarkers: C-Reactive Protein, Glycosylated Haemoglobin, low density lipoprotein and total cholesterol.

As for training effects on physical performance were evaluated by test measurement associated with functional fitness variables: flexibility (Sit and Reach Test), balance (Test of monopodal balance), general coordination (Timed Up and Go 3meters test), maximum voluntary isometric strength of upper and lower members (a quarter squat and rowing vertical), frontal and lateral abdominal strength (Prone Bridge Test and lateral Bridge Test) and aerobic capacity (Test run 6 minutes). All parameters were analyzed pre and post intervention.

The results regarding blood biomarkers have shown that training with elastic tubing by Exercise Station platform Thera-Band ® has caused a statistically significant within-group improvement ($p < 0,05$) in the parameters C-reactive protein (- 33.96%), Glycosylated Haemoglobin (-6.74%) and low density lipoprotein (-9.9%) and a statistically significant improvement over the control group C-reactive protein, along with a trend in cholesterol reduction to intra-group level. Furthermore, in all metabolic parameters, improvements from the group trained with the Exercise Station of Thera-Band ® appear that were higher than those obtained by the free weight group but there were no statistically significant differences. The free weight group had a statistically significant reduction ($p < 0, 05$) Glycosylated Haemoglobin (-3.03%), showing no significant reduction in other blood biomarkers measured

Regarding the results of functional parameters / dinapenia fitness, almost all of them have shown a statistically significant intragroup improvement ($p < 0, 05$) in the exercise groups, showing in general statistically significant differences from the control group

. The group trained by Platform Exercise Station elastic tubes of Thera-Band ® obtained the following statistically significant improvements: Active Seat and Reach (+26,27%), right single-leg balance (-69.51%), Timed up and Go 3 meters (-9.26%), Prone Bridge Test (+74,47%), Lateral Bridge Test (+60,49%), 6 minutes walk test (+7,77%), vertical Row (+38.96%

The results have been very positive, statistically significant for the group without free weight differences from the group of elastic tubes, being these the results: Active Seat and Reach (+24,01%), single-leg balance right leg (- 65.39%), Timed Up and Go 3 meters (- 15.13%), Prone Bridge Test (+120,64%), Lateral Bridge Test (+105,20%), Test run 6 minutes (+6, 59%), vertical Row (+31,42%).).

Depending on the results and evidence obtained it can be concluded that the implementation of a program of strength physical exercise during 12 weeks using an alternative and innovative device as platform tubes elastic Exercise Station of Thera-Band ® applied in an adult, sedentary women population with prevalence of metabolic syndrome, generates the same benefits on metabolic health and functional fitness as the traditional free weights devices

Consequently, and according to the comments made in the development of this research, the introduction of elastic tubes during practice and conditioning of strength is proposed. Apart from giving more variety of options it can positively contribute to the improvement of health metabolic and functional fitness.

Key words: strength, elastic tubing, free weights, cardiovascular risk.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Summary	
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Preámbulo	3
1.1.1 Marco Internacional	8
1.1.2 Marco Chileno	14
1.2. Marco teórico	17
1.2.1 Síndrome metabólico	17
1.2.2 Proteína C Reactiva	22
1.2.3 Hemoglobina Glicosilada	23
1.2.4 Resistencia insulínica	27
1.2.5 Dislipidemia	32
1.2.6 Sarcopenia y Dinapenia	34
1.2.7 Cambios metabólicos y en la aptitud funcional como factores de riesgo cardiovascular en la mujer en la edad adulta	38
1.2.7.1 <i>Cambios en la composición corporal</i>	39
1.2.7.2 <i>Cambios en la masa muscular y fuerza</i>	41
1.2.8 El rol del ejercicio físico en la mejora del síndrome metabólico y la dinapenia	43

1.2.8.1	El entrenamiento de fuerza:	45
1.2.8.1.1	<i>Conceptualización y clasificación</i>	45
1.2.8.1.2	<i>Efecto del entrenamiento de fuerza en los distintos parámetros metabólicos</i>	45
1.2.8.1.3	<i>Métodos y dispositivos de entrenamiento de la fuerza</i>	48
1.3.	Objetivos	53
1.3.1	Objetivo general	53
1.3.2	Objetivos específicos	53
1.4.	Hipótesis	54
2.	METODOLOGÍA	57
2.1.	Diseño del estudio	59
2.1.1	Fase 1: diagnóstico y normalización de las variables asociadas al contexto del estudio	59
2.1.2	Fase 2: Intervención, supervisión y evaluación del proceso	62
2.1.3	Fase 3: Evaluación final	63
2.2.	Temporalización	64
2.3.	Sujetos de estudio	65
2.4.	Consideraciones éticas	68
2.5.	Instrumentos de medición	69
2.5.1	Medición de los parámetros metabólicos	69
2.5.2	Medición de los parámetros de Aptitud Funcional	70

2.5.2.1	Flexibilidad (<i>Sit and Reach Test</i>)	70
2.5.2.2	Equilibrio (test de Equilibrio Monopodal)	71
2.5.2.3	Coordinación general (<i>Timed up and Go Test 3 m</i>)	72
2.5.2.4	Capacidad aeróbica (6 Minutes Walk Test)	72
2.5.2.5	Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria	73
2.5.2.5.1	<i>Miembros inferiores (Test Media Sentadilla)</i>	73
2.5.2.5.2	<i>Miembros superiores (Test Remo Vertical)</i>	73
2.5.2.6	Fuerza de la musculatura estabilizadora del tronco	74
2.5.2.6.1	<i>Fuerza resistencia abdominal frontal (Prono Bridge Test)</i>	75
2.5.2.6.2	<i>Fuerza resistencia abdominal lateral (Side Bridge Test)</i>	75
2.5.3	Medición de los parámetros antropométricos	76
2.6.	Equipamiento o dispositivos utilizados	77
2.7.	Procedimientos	82
2.7.1	Sesión de familiarización	82
2.7.2	Sesión recogida de datos	83
2.7.2.1	<i>Parámetros metabólicos</i>	83
2.7.2.2	<i>Parámetros Aptitud Funcional</i>	84
2.7.3	<i>Programa de entrenamiento</i>	96
2.8.	Análisis estadístico	100

3.	RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL	101
3.1	Resultados descriptivos de los parámetros metabólicos	103
3.1.1	<i>Resultados obtenidos en Proteína C Reactiva</i>	103
3.1.2	<i>Resultados obtenidos en Hemoglobina Glicosilada</i>	104
3.1.3	<i>Resultados obtenidos en Colesterol: Lipoproteína de baja densidad</i>	105
3.1.4	<i>Resultados obtenidos en Colesterol Total</i>	107
3.2.	Resultados descriptivos de los parámetros de Aptitud Funcional	110
3.2.1	<i>Resultados obtenidos en la Flexibilidad</i>	110
3.2.2	<i>Resultados obtenidos en el Equilibrio</i>	111
3.2.3	<i>Resultados obtenidos en la Coordinación General</i>	112
3.2.4	<i>Resultados obtenidos en la Capacidad Aeróbica</i>	113
3.2.5	Resultados obtenidos en la Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria	114
3.2.5.1	<i>Resultados obtenidos de la FIMV en miembros inferiores</i>	115
3.2.5.2	<i>Resultados obtenidos de la FIMV en miembros superiores</i>	116
3.2.6	Resultados obtenidos en la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora del tronco	117
3.2.6.1	<i>Resultados obtenidos de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora frontal del tronco</i>	117
3.2.6.2	<i>Resultados obtenidos de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora lateral del tronco</i>	118
3.3.	Argumentación	121
3.3.1	Argumentación de los resultados de los parámetros metabólicos	122

3.3.2	Argumentación de los resultados de los parámetros de Aptitud Funcional	129
3.4.	Aplicaciones prácticas	134
3.5.	Limitaciones del estudio	136
3.6.	Futuras líneas de investigación	137
4.	CONCLUSIONES FINALES	139
5.	BIBLIOGRAFÍA	147
	ANEXOS	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pictograma para el control del esfuerzo durante el empleo de bandas elásticas.

Extraído de Colado, Garcia-Masso, Triplett et al. (2012)

Figura 2. Plataforma de entrenamiento con tubos elásticos Exercise Station Thera-Band®

Figura 3. Concepto de disglucosis a partir de los criterios de la American Diabetes

Association (Association, 2010)

Figura 4. Factores implicados en el desarrollo de la sarcopenia. Extraído de Masanés Torán

et al. (2010)

Figura 5. Cronograma de las fases de elaboración del proyecto de investigación

Figura 6. Instrumentos utilizados para la medición de los parámetros metabólicos

Figura 7. Instrumentos utilizados para la medición de la flexibilidad

Figura 8. Instrumentos utilizados para la medición del equilibrio

Figura 9. Instrumentos utilizados para la medición de la coordinación general

Figura 10. Instrumentos utilizados para la medición de la capacidad aeróbica

Figura 11. Instrumentos utilizados para la medición de la FIMV tanto de miembros

superiores como inferiores

Figura 12. Instrumentos utilizados para la medición de la fuerza resistencia de la musculatura

estabilizadora del tronco tanto frontal como lateral

Figura 13. Instrumentos utilizados para la medición de las medidas antropométricas

Figura 14. Plataforma Exercise Station Thera-Band®

Figura 15. 1: *Exercise tubing*® de color rojo (medio), 2: *Exercise tubing*® de color verde (fuerte), 3: *Exercise tubing*® de color azul (extrafuerte)

Figura 16. Barra *Exercise Station*®

Figura 17. *Exercise Ball Yellow Pro Series*®

Figura 18. Asas *Thera-Band*®

Figura 19. Barra

Figura 20. Discos

Figura 21. Fijadores barra

Figura 22. Realización del test *Sit and Reach* para valorar la flexibilidad, tanto isquiosural como del tronco

Figura 23. Realización del test de equilibrio monopodal sobre pierna dominante para valorar el equilibrio estático

Figura 24. Realización del test *Timed up and Go 3m* para valorar la coordinación general a través de la marcha y el equilibrio

Figura 25. Realización del test de marcha de 6 minutos para valorar la capacidad aeróbica

Figura 26. Realización del test de un cuarto sentadilla para valorar la FIMV de los miembros inferiores

Figura 27. Realización del test de remo vertical para valorar la FIMV de los miembros superiores

Figura 28. Realización del *test prono bridge* para valorar la fuerza resistencia de la musculatura anterior y posterior del tronco

Figura 29. Realización del *test side bridge* para valorar la fuerza resistencia de la musculatura lateral del tronco

Figura 30. Valores pre y post test de la PCR obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 31. Valores pre y post test de la HbA1c obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 32. Valores pre y post test del c-LDL obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 33. Valores pre y post test del CT obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 34. Valores pre y post intervención del test Sitt and Reach activo, obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 35. Valores pre y post intervención del test de equilibrio monopodal en pierna dominante obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 36. Valores pre y post intervención del test timed up and go 3m obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 37. Valores pre y post intervención del test de marcha de 6 minutos obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 38. Valores pre y post intervención del test de media sentadilla obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 39. Valores pre y post intervención del test de remo vertical obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 40. Valores pre y post intervención del test de puente prono obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

Figura 41. Valores pre y post intervención del test de puente lateral obtenidos en los tres grupos de estudio: TE, PL y GC

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. Extraído de Valdivia Cabrera (2011).

Tabla 2. Criterios diagnósticos del síndrome metabólico.

Tabla 3. Relación aproximada entre los resultados de las pruebas de glucosa en ayunas y hemoglobina glicosilada. Extraído de ADA (2010).

Tabla 4. Metas de glucemia recomendadas en Diabetes tipo 2. Extraído de Rodbard et al. (2009).

Tabla 5. Clasificación de los niveles de colesterol total, cLDL y cHDL. Extraído de Kelley & Kelley, (2009).

Tabla 6. Cambios producidos en el tejido muscular en el proceso de sarcopenia. Extraído de Masanés Torán, Navarro López, Sacanella Meseguer, & López Soto. (2010).

Tabla 7. Efectos del ejercicio de resistencia sobre la fuerza en personas ancianas. Extraído de Burgos Peláez (2006).

Tabla 8. Características de los sujetos de la muestra.

Tabla 9. Longitud de los Exercise Tubing empleada en función del ejercicio.

Tabla 10. Resultados pre y post intervención de los parámetros metabólicos estudiados, reflejados a través de la media y la desviación típica.

Tabla 11. Resultados pre y post intervención de los parámetros de aptitud funcional estudiados, reflejados a través de la media y la desviación típica.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<u>Abreviatura</u>	<u>Significado</u>
AACE	<i>American Association of Clinical Endocrinologist</i>
ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
ADA	<i>American Diabetes Association</i>
AHA	<i>American Heart Association</i>
ATP-III	<i>Adult Treatment Panel III</i>
CESFAM	Centro de Salud Familiar Municipal
CE	Conformidad Europea
CT	Colesterol total
DCCT	<i>Diabetes Control and Complications Trial</i>
DHEA	Deshidroepiandrosterona
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
EA	Entrenamiento aeróbico
ECNT	Enfermedades crónicas no transmisibles
ECV	Enfermedad cardiovascular
EF	Entrenamiento de fuerza
EMPA	Examen de medicina preventiva del adulto al día
ENT	Enfermedades no transmisibles

FIMV	Fuerza isométrica máxima voluntaria
FONASA	Fondo Nacional de la Salud
FRCV	Factores de riesgo cardiovascular
FSH	<i>Follicle-stimulating hormone</i>
GBA	Glucemia basal anormal
GC	Grupo Control
GH	<i>Growth Hormone</i>
GLUT4	Glucotransportadores de tipo 4
HbA	Hemoglobina del adulto A o normal
HbA1c	Hemoglobina glicosilada
HbA2	Hemoglobina del adulto A2
HbF	Hemoglobina fetal
HDL	Lipoproteínas de alta densidad
HOMA	<i>Homeostasis Model Assessment</i>
HRT	<i>Hormone Replacement Therapy</i>
HTA	Hipertensión arterial
H1	Hipótesis 1
H2	Hipótesis 2
IDF	<i>International Diabetes Federation</i>

IG	Intolerancia a la glucosa
IGF-1	<i>Insulin-like growth Factor 1</i>
IGF- 2	<i>Insulin-like growths Factor 2</i>
IL-6	Interleucina- 6
IMC	Índice de masa corporal
ISAK	<i>Society for the Advancement in Kinanthropometry</i>
K-S	<i>Kolmogorov–Smirnov</i>
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
LPL	Lipoproteínlipasa
NCEP	<i>National Cholesterol Education Program</i>
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PA	Presión arterial
PCRAS	Proteína C reactiva de alta sensibilidad
PCR	Proteína C reactiva
PL	Grupo Experimental peso libre (dispositivos tradicionales)
RCV	Riesgo cardiovascular
RI	Resistencia insulínica

SEM	Error estándar de la media
SM	Síndrome metabólico
SOG	Sobrecarga oral de glucosa
TAG	Triglicéridos
TE	Grupo Experimental de tubos elásticas
TM6'	Test de marcha 6 minutos
UKPDS	<i>United Kingdom Prospective Diabetes Study</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización comité de ética del Ministerio de Salud para la realización del estudio.

Anexo 2. Formalización de trabajo con centro de salud familiar.

Anexo 3. Carta de invitación a los sujetos potenciales para poder participar en el estudio.

Anexo 4. Reuniones de formación con los sujetos de estudio.

Anexo 5. Ficha de consentimiento informado.

Anexo 6. Ficha de antecedentes personales.

Anexo 7. Ficha examen de medicina preventiva adultos – EMPA.

Anexo 8. Sesión de familiarización de los ejercicios y percepción del esfuerzo.

Anexo 9. Pictograma para el control de esfuerzo percibido durante el empleo de bandas elásticas.

Anexo 10. Evaluaciones sanguíneas y funcionales.

Anexo 11. Fichas de registro de evaluaciones metabólicas y funcionales.

Anexo 12. Puesta en marcha del programa de entrenamiento.

Anexo 13. Instrumentos utilizados para la medición de los parámetros metabólicos, antropométricos y de aptitud funcional.

Anexo 14. Descripción del equipamiento deportivo empleado en el estudio.

Anexo 15. Recomendaciones generales para toma de muestras sanguíneas según el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia, Chile.

Anexo 16. Procedimientos para la extracción de una muestra sanguínea a través de punción venosa establecidos por el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia, Chile.

Anexo 17. Calentamiento estandarizado previo a las sesiones de entrenamiento y test funcionales.

Anexo 18. Estandarización del estímulo verbal durante el test de 6 minutos marcha.

Anexo 19. Tabla resumen programa de entrenamiento.

Anexo 20. Batería de ejercicios desarrollados.

Anexo 21. Programa estadístico SPSS empleado en el análisis de datos

1- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1- Preámbulo

A medida que avanzan los años, se van produciendo cambios en diferentes ámbitos de la vida del ser humano y se adoptan estilos de comportamiento de predominancia sedentaria que podrían reducir la calidad de vida. Estos cambios, curiosamente, vienen favorecidos por la evolución de una sociedad que se ha cimentado en el consumo de bienes materiales y ha llevado a un elevado “nivel de vida” que no se ha correspondido con una elevada calidad de vida en todas y cada una de las dimensiones saludables del ser humano (Colado, 2004). De esta manera, surgen un conjunto de factores de riesgo que comienzan a impactar en la salud social y personal del individuo, siendo uno de los más importantes la inactividad física.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y su departamento de enfermedades crónicas y promoción de la Salud, la inactividad física está entre los primeros factores de riesgo de mortalidad más importantes en todo el mundo, concretamente se sitúa en el cuarto lugar (Cenarruzabeitia, Hernández & Martínez-González, 2003). Este factor influye en la prevalencia de enfermedades no transmisibles (ENT) y, por lo tanto, en la salud general de la población. Este aumento de la prevalencia de inactividad física se da en diferentes grupos poblacionales, aunque afecta de manera especial a las mujeres pre y menopáusicas. Los cambios hormonales que se producen en esta etapa generan un incremento del riesgo cardiovascular y una reducción de la aptitud funcional, que unido a la inactividad física de base, hacen que se produzca un deterioro significativo de la salud y la calidad de vida (Polotsky & Polotsky, 2010).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), reconoce que alcanzar el más alto nivel de salud, sin discriminación, es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano (Drewnoski & Scott, 1966). En este sentido, la promoción de la salud está basada en este derecho fundamental, que la reconoce como un concepto positivo, incluyente y determinante

de la calidad de vida. Por otro lado, la Carta de Ottawa para la promoción de la salud (OMS, 1987) señala que se debe proporcionar a los pueblos los medios necesarios para mejorar la salud y se debe percibir la salud no como un objetivo, sino, como una fuente de riqueza de la vida cotidiana.

Se sabe que la realización de ejercicio físico puede reducir el riesgo cardiovascular típico de la etapa de la menopausia, además de mejorar en ese momento, y en otros, la calidad de vida, ya que ayudará a reducir e invertir la típica pérdida de fuerza y, en general, de rendimiento físico denominado como dinapenia (Clark & Manini, 2008). Algunos autores han llegado a afirmar que el ejercicio físico es uno de los componentes, si no el más importante, en los programas de reducción de riesgo cardiovascular y mejora de la dinapenia (Asikainen, Kukkonen-Harjula & Miilunpalo, 2004; Clark & Manini, 2008).

Aunque desde los inicios de la prescripción de ejercicio físico, las organizaciones especializadas en ejercicio físico y salud han enfatizado y centrado sus recomendaciones en la práctica de ejercicio físico de tipo aeróbico (Jakicic et al., 2001), las directrices más recientes tienen su mirada dirigida al entrenamiento de fuerza (Prabhakaran, Dowling, Branch, Swain & Leutholtz, 1999). De hecho, la *American Heart Association Science Advisory* ha llegado a afirmar que el entrenamiento de la fuerza debería ser complementario al entrenamiento de resistencia (Pollock et al., 2000).

Por esta última razón han sido realizados estudios que han buscado complementar ambos tipos de actividades viéndose muy apropiados de manera simbiótica para la reducción del riesgo cardiovascular y la dinapenia (Wijndaele et al., 2007). No obstante, este tipo de propuestas aporta una mayor dificultad de aplicación ya que incorpora un tipo de cualidad física como es la fuerza que en la mayoría de ocasiones y para ciertos tipos de ejercicios debe ser entrenada con dispositivos externos al uso del propio peso corporal. En ese sentido

son típicos los programas que han empleado materiales de peso como máquinas, barras y mancuernas (Kraemer et al., 2002).

Sin embargo, estos dispositivos son costosos y no todo los ejercitantes e instituciones tienen acceso a él (Colado & Triplett, 2008). Es por esto que algunos estudios han tratado de identificar, para la franja etaria aquí enunciada, otros dispositivos de bajo coste, de fácil uso y almacenaje, identificándose como válido para tal propósito las tubos elásticos (Colado, Triplett, Tella, Saucedo & Abellán, 2009; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2012; Kwon et al., 2010; Martins, Veríssimo, e Silva, Cumming, & Teixeira, 2010). Es reseñable que una parte importante de estos estudios han sido efectuados por la unidad de investigación en la que se encuadra el autor del presente trabajo, estableciéndose ésta como una de sus líneas prioritarias de investigación.

Todos estos estudios anteriormente indicados han demostrado de manera simple o combinada la eficacia del entrenamiento de fuerza en la reducción del riesgo cardiovascular y de la dislipemia en mujeres de diferente franja etaria, incluida la menopausia. En algunos casos concretos, como son los estudios de nuestra unidad de investigación, se ha utilizado una metodología original y vanguardista para el control de la intensidad que pasa por el control de las repeticiones según el objetivo pretendido y ajustado por la percepción del esfuerzo, manteniéndose el resto de variables estándar para la prescripción del ejercicio (Colado et al., 2009; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2012).

Incluso trabajos posteriores han validado el empleo de dicha percepción para el control de la intensidad durante la realización de este tipo de programas, llegándose a crear incluso por parte de nuestra unidad pictogramas específicos para tal fin (Figura 1) (Andersen et al., 2010; Colado et al., 2012).

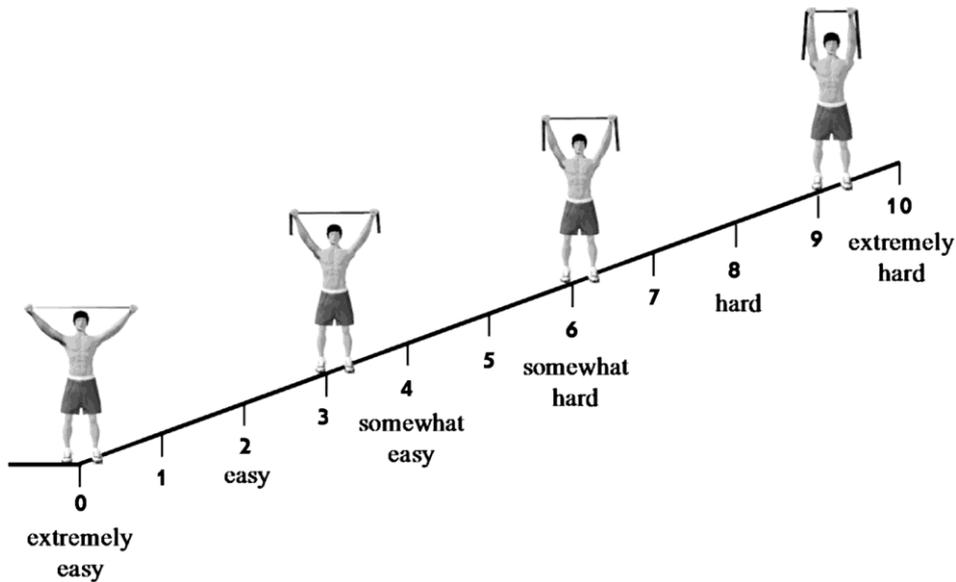


Figura 1. Pictograma para el control del esfuerzo durante el empleo de tubos elásticos. Extraído de Colado, Garcia-Masso, Triplett et al. (2012)

Sin embargo, dada la eficacia de estos dispositivos elásticos, han salido recientemente al mercado otros que intentan variar las propuestas y además ser más versátiles y de fácil uso. Este es el caso de la denominada plataforma *Exercise Station de Thera-Band®*, una estación de ejercicio en la que anclándose tubos elásticos que se sujetan con barras o asas facilitan el desarrollo de ejercicios de fuerza para cualquier región corporal (Figura 2).



Figura 2. Plataforma de entrenamiento con tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®*.

Los efectos que este tipo de dispositivo puede llegar a provocar en el rendimiento físico ya han sido medidos en mujeres deportistas en trabajos previos efectuados por nuestra unidad de investigación (Colado et al., 2010). Sin embargo, de la revisión bibliográfica efectuada se puede destacar que nada se sabe al respecto de si empleado este nuevo dispositivo en mujeres adultas, sedentarias con bajo riesgo metabólico podría llegar a provocar efectos positivos para el rendimiento físico y la reducción de riesgo cardiovascular e, incluso, si éstos serían distintos de los provocados por otros dispositivos tradicionales.

Por ello, en el presente trabajo se pretende seguir avanzando en el conocimiento científico en términos metodológicos y de adaptaciones fisiológicas y funcionales que desde nuestra unidad de investigación se están creando desde el año 2008 y es por esto que el autor del presente trabajo de investigación ha pretendido evaluar los efectos sobre el riesgo cardiovascular y el rendimiento físico provocado por un entrenamiento de fuerza con diferentes tipos de dispositivos (tubos elásticos vs. material de peso) en mujeres de 40 a 50 años, con bajo riesgo metabólico. De este modo se pretende esclarecer la incógnita acerca de si dispositivos alternativos como los materiales elásticos provocan igual o mayores beneficios metabólicos y de aptitud funcional que los dispositivos tradicionales de peso libre como las mancuernas o las barras, aplicado no a un grupo de mujeres deportistas como se había realizado hasta la fecha, sino a mujeres sedentarias y de edad adulta, es decir, pre y menopáusicas.

La identificación de tales incógnitas sería crucial, ya que se podría dotar al profesional del ámbito clínico y deportivo/recreativo de un conocimiento aplicado con el que poder decidir si para esta franja etaria puede incorporar de manera segura y eficaz este tipo de material accesible y poco costoso a su quehacer profesional y cotidiano.

1.1.1- Situación internacional de la actividad física y las enfermedades metabólicas.

La escasa actividad física se ha convertido en uno de los problemas más importantes de salud pública que afecta a millones de personas en todo el mundo. Este fenómeno de inactividad física causa 2,5 millones de muertes anualmente en el mundo, muchas de ellas por sobrepeso y obesidad. Dicho de otro modo, el 6% de las muertes mundiales son atribuidas a la inactividad física. Sólo la superan la hipertensión (13%) y el consumo de tabaco (9%), y la iguala la hiperglucemia (6%) (OMS, s. f.). Además, la inactividad física es la principal causa de aproximadamente un 21–25% de los cánceres de colon y mama, un 27% de los casos de diabetes y un 30% de los casos de cardiopatía isquémica (OMS, s. f.).

Las enfermedades crónicas suponen una pesada carga para las sociedades desarrolladas, tanto en términos médicos como en costes económicos y en sufrimiento humano (Hofman, Rice & Sung, 1996). Existe en este momento un consenso generalizado sobre el papel del sedentarismo como uno de los factores ambientales más importantes en la explicación de la alta prevalencia de numerosas enfermedades (Booth, Chakravarthy, Gordon, & Spangenburg, 2002; Manson et al., 2002). Algunas de las enfermedades y los factores de riesgo metabólico y cardiovascular que se han asociado con el sedentarismo son las enfermedades coronarias (Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001), insuficiencia cardíaca congestiva (He et al., 2001), la hipertensión arterial (Armario, del Rey, & Martín-Baranera, 2002; Booth et al., 2002), los accidentes cerebrovasculares (Goldstein et al., 2001), el aumento del riesgo trombótico (Rauramaa, Li, & Vaisanen, 2001), la diabetes mellitus tipo 2 y obesidad (Mokdad et al., 2000; Ogden et al., 2006), y la dislipidemia (Medrano, Cerrato, Boix, & Delgado-Rodríguez, 2005; Leon & Sanchez, 2001).

Del mismo modo, tanto la obesidad como el sobrepeso pueden ejercer efectos metabólicos adversos sobre la tensión arterial y las concentraciones de colesterol y triglicéridos, y por

consiguiente causar diabetes. El sobrepeso y la obesidad aumentan el riesgo de padecer coronariopatías, accidentes cerebrovasculares isquémicos, diabetes mellitus de tipo 2 o diversos tipos de cáncer frecuentes (Choo et al., 2010).

De acuerdo a las Estadísticas Sanitarias Mundiales recientes de la Organización Mundial de la Salud entre los años 1980 y 2008, las cifras de obesidad en el mundo duplicaron sus cifras, pasando del 5% al 10% en varones y del 8% al 14% en mujeres. De esta forma, se estimó que en el 2008, 500 millones de hombres y mujeres mayores de 20 años eran obesos, siendo esta condición, más frecuente en mujeres que en hombres.

La obesidad, dentro de las principales causas de muerte en el mundo, viene siendo la cara visible de las comorbilidades, provocada por un balance energético positivo y la escasa realización de actividad física. Ante esto, existe también una gran incidencia de desnutrición, que cada vez toma más relevancia por la pérdida de actividad de los sujetos, lo que les conlleva a estar cardiometabólicamente menos protegidos (Nocon et al., 2008).

Se observa que en países como España un 45,5% de los varones y un 29,9% de las mujeres mayores de 18 años sufren sobrepeso, mientras que si hablamos de obesidad, el 17,3% de los varones y el 14,7% de las mujeres la sufren. Como se puede observar, en ambos casos los varones son los que presentan las cifras más elevadas («Documento: Encuesta Nacional de Salud en España 2011-2012 | Sindicato Médico Andaluz», s. f.).

En el continente asiático, cerca de 100 millones de personas presentan sobrepeso, cuando en 2005 sólo eran 18 millones de personas, existiendo un aumento del 82% («OMS | Estadísticas Sanitarias Mundiales 2013», s. f.). Si nos centramos en Centroamérica y Sudamérica, concretamente en Brasil han aumentado 4 veces los índices de obesidad en niños y niñas respecto a hace 20 años, y en México, 1 de cada 7 personas están fuera de su peso ideal («OMS | Estadísticas Sanitarias Mundiales 2013», s. f.). En Argentina, en el año 2003

ya presentaba un promedio de obesidad del 18,5% (19,5% en varones y 17,5% en mujeres) para adultos, y de un 7,3% para niños (Ogden, Carroll, & Flegal, 2003).

Por otro lado, Sudáfrica supera a Estados Unidos en índices de obesidad, donde 2 de cada 3 personas sufren este problema de salud. El crecimiento de las cifras de obesidad en los continentes emergentes se debe a la globalización e industrialización, puesto que acaban adoptando modelos occidentales donde la inactividad física está cada vez más presente (Ogden et al., 2006).

Por último, si observamos las cifras de la primera potencia mundial, aproximadamente el 12% de la mortalidad total en Estados Unidos está relacionada con la falta de actividad física regular y la inactividad está asociada con un incremento de, al menos, el doble del riesgo de un evento coronario, con un RR similar al de la hipertensión arterial (HTA), la hipercolesterolemia o el tabaquismo (Boraita Pérez, 2008). Se estiman en unas 200.000 muertes/año por cardiopatía isquémica, cáncer o diabetes mellitus tipo 2 relacionadas con el sedentarismo (Boraita Pérez, 2008).

Así pues, la excesiva ingesta calórica y un estilo de vida sedentario han dado lugar, en los últimos años a un crecimiento de la prevalencia de la obesidad, dislipidemia, la resistencia a la insulina (RI) y la diabetes de tipo 2 (Reaven, 1988). Ya en la década de los ochenta, observaron que la dislipidemia, la hipertensión y la hiperglucemia eran condiciones frecuentemente asociadas en un mismo individuo y presentaban mayor riesgo cardiovascular, situación que llevó a denominarse síndrome metabólico (SM) (Reaven, 1988).

El SM es un conjunto de anormalidades metabólicas que incluye intolerancia a la glucosa, resistencia a la insulina, obesidad central, dislipidemia aterogénica, hipertensión arterial y estado protrombótico. El SM ha sido encontrado en sujetos que reportan conductas y preferencias relacionadas con un estilo de vida no saludable, con una dieta inadecuada,

sedentarismo, consumo de alcohol y tabaquismo. Adicionalmente a los marcadores metabólicos de riesgo cardiovascular ya conocidos como glucosa, colesterol y triglicéridos (TAG) nuevos marcadores han sido objeto de estudio en relación con el riesgo de SM y enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) en las últimas décadas (Fernández-Real et al., 1998; Freeman et al., 2002).

Principalmente la inflamación de tipo subclínico evaluada por niveles de proteína C reactiva de alta sensibilidad (PCRAS) y los depósitos de hierro basado en los niveles de ferritina han sido asociados con riesgo de diabetes tipo 2 y SM (Fernández-Real et al., 1998; Freeman et al., 2002).

La epidemia actual de obesidad y los altos niveles de sedentarismo han duplicado la prevalencia de SM en adultos estadounidenses con sobrepeso en un período de sólo 10 años, de acuerdo con las Encuestas Nacionales de Salud y Nutrición entre 1988-1994 y 1999-2004 (Halldin, Rosell, De Faire, & Hellénus, 2007; Park et al., 2003). La prevalencia de SM en Estados Unidos (Estudio NHANES III) utilizando el criterio de diagnóstico del Tercer Panel de Expertos del Programa Nacional de Educación para el Colesterol (NCEP-ATP III) fue cercana a 24% en sujetos de 20 años y más (Ford, Giles, & Dietz, 2002; Wildman et al., 2008).

Este problema de salud se está convirtiendo en un problema crítico en los países en desarrollo, que están muy influenciados por la modernización y la urbanización (Esteghamati et al., 2009). Cambios del estilo de vida que incluyen una reducción en la actividad física y la sustitución de dietas tradicionales por dietas con alto contenido de grasa y densas en calorías son algunas de las explicaciones de este fenómeno (Cameron, Shaw, & Zimmet, 2004).

Adicionalmente, la edad, el sexo y la genética son factores con un impacto significativo en la predisposición al SM (Cameron et al., 2004; Esteghamati et al., 2009; Wildman et al., 2008).

Dos de estos factores, la edad (manifestada en el envejecimiento) y el sexo, conllevan constantes cambios, tanto metabólicos como corporales. Sin embargo, estos cambios no son lineales ni se presentan de igual manera en hombres y mujeres. Esto es debido, entre otros factores, a que las mujeres entre los 45 y 55 años sufren el período de la menopausia (Gracia et al., 2005). Esta etapa, además de significarles el término de su vida reproductiva conlleva a un aumento importante de los factores de riesgo cardiovascular (FRCV), como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), la HTA, y al mismo tiempo, un aumento en los factores de riesgo metabólicos como la dislipidemia, la RI y la circunferencia abdominal, conformando así en una franja etaria con una alta probabilidad de sufrir síndrome metabólico (Carr, 2003; Svendsen, Hassager, & Christiansen, 1995; Trémollières, Pouilles, & Ribot, 1996).

Junto con estos factores de riesgo cardiovascular y metabólicos aparece también la disminución de la masa muscular conocida como sarcopenia, claramente ligada al desarrollo de la aptitud funcional y de las capacidades físicas, siendo las mujeres más susceptibles de presentar estos problemas de salud porque su esperanza de vida es mayor que la de los hombres y por el declive de los niveles hormonales que se produce en la menopausia, generando un desequilibrio entre el anabolismo y catabolismo de las proteínas que dará lugar a la sarcopenia (Aloia, McGowan, Vaswani, Ross, & Cohn, 1991; Greeves, Cable, Reilly, & Kingsland, 1999; Maltais, Desroches, & Dionne, 2009).

La evidencia científica demuestra que la práctica de ejercicio físico, especialmente el entrenamiento de resistencia, es un importante factor del mantenimiento de la masa muscular y la reducción de la acumulación de masa grasa intramuscular (Kelley & Kelley, 2009).

También se ha demostrado que el ejercicio físico reduce la RI, estimulando la migración de los glucotransportadores de tipo 4 o GLUT4 a la membrana celular de las células musculares esqueléticas por mecanismos independientes del receptor de insulina (Ebeling et al., 1993; Shepherd & Kahn, 1999). Se ha visto que el ejercicio físico en sujetos con RI y SM produce un importante beneficio al modificar favorablemente el perfil lipídico con una reducción de los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y TAG junto con un aumento de las lipoproteínas de alta densidad (HDL). El ejercicio físico moderado en sujetos con tolerancia anormal a la glucosa, solo o en combinación con una dieta hipocalórica, previene de forma significativa el inicio de la DM2 (Tuomilehto et al., 2001).

El aumento de ejercicio físico y de los niveles espontáneos de actividad física pueden reducir el riesgo cardiovascular típico de la menopausia y puede mejorar en ese momento, y en otros, la calidad de vida, ya que ayudará a reducir e invertir la típica pérdida de fuerza y, en general, de rendimiento físico denominado dinapenia (Clark & Manini, 2008).

En los últimos años, numerosos estudios han demostrado, de manera simple o combinada con el entrenamiento de resistencia, la eficacia del entrenamiento de fuerza en la reducción del riesgo cardiovascular y la dinapenia en mujeres de diferente franja etaria, incluida la menopausia (Colado et al., 2012; Colado et al., 2009; Colado & Triplett, 2008; Kwon et al., 2010; Martins et al., 2010).

Sin embargo, se dispone de muy pocas investigaciones de tipo experimental que permitan comparar diferentes dispositivos para el trabajo de fuerza y sus efectos metabólicos y funcionales en mujeres adultas entre 40 y 50 años, sedentarias, con prevalencia de síndrome metabólico y, por tanto, con riesgo cardiovascular.

Por todo ello, el objetivo del presente estudio ha sido analizar, en mujeres adultas y sedentarias de dicha franja etaria, el efecto que produce el ejercicio físico de fuerza

practicado de forma regular y habitual no acompañado de dietas restrictivas, sobre los parámetros metabólicos y funcionales. Con el diseño de nuestro estudio, por tanto, se podrían establecer asociaciones entre el ejercicio y los parámetros metabólicos y de aptitud funcional.

1.1.2- Marco Chileno al respecto de las enfermedades cardiovasculares y la inactividad física.

En Chile, país donde se ha llevado a cabo el presente estudio, la sociedad e instituciones sanitarias afrontan una importante transición epidemiológica con la aparición de pandemias de enfermedades crónicas y el aumento de la prevalencia de enfermedades no transmisibles en diferentes grupos etarios. Estas enfermedades destacan, especialmente, en mujeres pre y menopáusicas, periodo crítico en el cual disminuyen notablemente los elementos cardioprotectores, generando un aumento del riesgo tanto cardiovascular como también osteomuscular junto con alteraciones de la aptitud funcional y, por consiguiente, un deterioro significativo de la salud y la calidad de vida (Greeves et al., 1999; Maltais et al., 2009; Svendsen et al., 1995).

Con el propósito de actualizar el diagnóstico de la situación de salud de la población nacional y efectuar un seguimiento de algunas enfermedades, se han llevado a cabo diversas encuestas de salud. Una de ellas, la Encuesta Nacional de Salud del periodo 2009-2010, desarrollada a través del Ministerio de Salud de Chile (Valdivia Cabrera, 2011) la cual tiene representación nacional y regional, según género y edad, ha evidenciado un panorama nacional preocupante, demostrando estadísticamente que los factores de riesgo y enfermedades que afectan a la población nacional han ido en un sostenido aumento.

Se constató la persistencia de un elevado nivel de prevalencia de las enfermedades crónicas y de sus factores de riesgo. Entre las cifras más preocupantes destacan el sobrepeso

(39,3%) y la obesidad (25,1%), presente en un 64,4% de la población (cerca de 8,5 millones de personas); la DM2 (9,4%); colesterol total (CT) elevado (38,5%) y un 89% de sedentarismo en la población chilena. Estos datos aparecen recogidos en la tabla 1.

Tabla 1

Comparación Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. Extraído de Valdivia Cabrera (2011).

Tabaquismo (fumador actual)	42	40,6
Sobrepeso	37,8	39,3
Obesidad	23,2	25,1
Diabetes mellitus	6,3	9,4
Sedentarismo	89,4	88,6
Síntomas depresivos en último año	17,5	17,2

Según esta encuesta, alrededor del 55% de las mujeres entre 40 – 64 años de edad, posee obesidad, cerca del 20% tiene diabetes mellitus tipo 2 y alrededor del 59% colesterol total elevado. Declara también que el nivel de sedentarismo es mayor en las mujeres respecto a los hombres y que en el rango etario entre los 40 – 50 años, el 74 % no practica actividad física.

Así mismo se evidencia, a partir de esta misma encuesta, que el nivel educacional también juega un rol sumamente importante, ya que el nivel de obesidad o sobrepeso radica de manera fundamental en los sectores de bajo nivel educacional (30,50%), de nivel medio (24,7%) y de nivel elevado de educación (18,5%).

Otro dato significativo es que el 35.4% de las mujeres entre 45 y 64 años padecía SM y el 55% tenía una prevalencia de aumento en la circunferencia abdominal. Por su parte, los resultados arrojaron que el 92% eran sedentarias y la mitad de la población encuestada señaló comer únicamente una pieza de fruta o verdura al día.

Por ello, ante estos preocupantes datos expresados, se han puesto en marcha algunos planes y programas nacionales de prevención, como el denominado “Elige Vivir Sano”. Es necesario destacar que de los 34 países integrantes de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Chile es el país que más gasta en salud y se ubica en el 4º lugar respecto a las tasas de sobrepeso, teniendo su población una expectativa de vida de 78 años.

El estudio realizado en el presente trabajo va encaminado a aportar evidencias científicas que amplíen las herramientas prácticas con las que los profesionales pueden abordar la prevención y tratamiento de las enfermedades no transmisibles, dilucidando las incógnitas sobre los beneficios que tiene el entrenamiento de la fuerza con diferentes dispositivos sobre los factores metabólicos y de aptitud funcional en mujeres de entre 40-50 años sedentarias y con bajo riesgo metabólico.

1.2- Marco teórico

1.2.1- Síndrome metabólico

En los apartados previos introductorios ya se ha abordado de manera sucinta este concepto, no obstante es ahora momento de abordarlo con mayor profundidad. El moderno interés por el SM arranca con la descripción por Reaven en 1988 de lo que él define como «Síndrome X», basado en la asociación de una serie de alteraciones entre las que destaca como elemento fisiopatológico clave el incremento de la RI con hiperinsulinismo compensador y en el que, curiosamente, no incluía la presencia de obesidad (Reaven, 1988). Desde 1922 existen, sin embargo, abundantes precedentes en la bibliografía describiendo la asociación de obesidad, hipertensión, gota y diabetes mellitus en un mismo sujeto (Eckel, Grundy, & Zimmet, 2005; Grundy, 2011).

A lo largo de los años esta agregación de factores de riesgo, presidida por la RI y acompañada de otras alteraciones (intolerancia hidrocarbonada, diabetes, dislipidemia, obesidad y HTA) recibió nombres tan diversos como “cuarteto de la muerte”, “síndrome de insulina resistencia”, “dislipidemia aterogénica” o “síndrome dismetabólico” (Gluckman & Hanson, 2004).

En los 3 últimos lustros la definición del SM ha ido cambiando conforme se profundizaba en su fisiopatología y se le sumaban nuevos factores asociados. En la actualidad puede describirse como la agrupación, en un mismo sujeto, de alteraciones metabólicas y vasculares o hemodinámicas, entre las que destacan la obesidad abdominal o visceral, la hipertensión arterial, alteraciones del metabolismo hidrocarbonado de variada intensidad y anomalías lipoproteicas que suelen incluir concentraciones de triglicéridos elevadas, colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad bajo y aumento de las lipoproteínas de baja densidad pequeñas y densas. Se detectan también aumento de leptina y elevación de los marcadores de

inflamación, como la proteína C reactiva, y de factores procoagulantes, como el inhibidor del activador del plasminógeno de tipo 1 (Real & Carmena, 2005). Se piensa que las alteraciones mencionadas comparten una base fisiopatológica común, la resistencia periférica a la insulina, razón por la cual algunos autores prefieren denominarlo síndrome de resistencia a la insulina. Esta resistencia está claramente relacionada con factores genéticos y ambientales, fundamentalmente dieta hipercalórica, tabaquismo y sedentarismo (Ferrannini, Haffner, Mitchell, & Stern, 1991; Reaven, 1993).

Cada componente del SM es un factor de riesgo cardiovascular por méritos propios, pero al combinarse en un mismo sujeto el riesgo se potencia de forma significativa, de tal manera que diversos estudios indican que sujetos de mediana edad con SM presentan el doble de prevalencia de enfermedad coronaria y tienen de 3 a 4 veces mayor riesgo de morir (Alexander, Landsman, Teutsch, & Haffner, 2003; H.-M. Lakka et al., 2002). Además, la RI es un factor determinante para la aparición de la DM2. También se ha demostrado que los sujetos con SM tienen 6 veces más riesgo de desarrollar DM2 que los sujetos sin el síndrome. El SM puede considerarse, por lo tanto, un predictor fiable de enfermedad coronaria isquémica y de DM2 (Laaksonen et al., 2002).

Para definir el SM existen varios criterios, de los que los más utilizados son los de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Alberti & Zimmet, 1998a), los del *Adult Treatment Panel III (ATP-III)* del *National Cholesterol Education Program (NCEP)* (Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001) y la *International Diabetes Federation (IDF)* (Saely et al., 2006).

Los criterios de la OMS requieren que el sujeto presente alguna alteración del metabolismo hidrocarbonado, bien sea diabetes, tolerancia anormal a la glucosa o RI, definida como un valor del HOMA (Homeostasis Model Assessment) superior al percentil 75

de la población de referencia. A ello hay que sumar, al menos, dos de los siguientes: hipertensión arterial (presión arterial mayor o igual a 140/90 mmHg), obesidad según el índice de masa corporal [IMC] mayor o igual de 30 kg/m²), hipertrigliceridemia (valores de triglicéridos plasmáticos superiores o iguales a 150 mg/dl) o valores de cHDL menores de 35 en varones y de 40 mg/dl en mujeres, y microalbuminuria (albuminuria mayor o igual de 20 µg/min). Esta definición da mucha importancia a las alteraciones del metabolismo hidrocarbonado y a la RI como elementos necesarios para el diagnóstico del SM. Por ello, los criterios de la OMS sirven, sobre todo, para identificar a sujetos con alto riesgo de padecer o desarrollar DM2.

Los criterios diagnósticos del SM propuestos en el NCEP ATP-III del NCEP se basan en la presencia de obesidad abdominal (cintura en mujeres caucásicas mayor o igual a 88 cm y en varones caucásicos mayor o igual a 102 cm), hipertrigliceridemia (valores de triglicéridos mayores o iguales a 150 mg/dl), valores plasmáticos bajos de cHDL (inferiores a 35 mg/dl), hipertensión arterial (presión arterial mayor o igual a 130/85 mmHg) y glucemia alterada en ayunas (mayor o igual a 110 mg/dl). Como se puede observar, los criterios del ATP-III son más clínicos que los propuestos por la OMS, más fáciles de aplicar a la población general e identificando especialmente a los sujetos con alto riesgo cardiovascular. Simplifican enormemente su diagnóstico sobre la base del concepto de agrupación de factores de riesgo, quedando la RI en un segundo plano y concediendo un papel protagonista a la obesidad abdominal (Real & Carmena, 2005). Se descarta así la existencia de diabetes o la necesidad de efectuar mediciones complejas de laboratorio; por lo tanto podemos definir SM incluso con una glucemia basal normal. Subrayemos que la definición de la OMS exige la existencia de una alteración de la glucemia y no da importancia a la presencia de obesidad abdominal, que es la que se relaciona con la RI (Vague, 1999).

Por otro lado, la IDF ha establecido unos nuevos criterios para definir el SM que difieren de los criterios del NCEP-ATP III. La obesidad abdominal se constituye como piedra angular de la definición con valores específicos según etnias. El punto de corte para el perímetro abdominal se reduce en 8 cm para la etnia europea y se contempla como criterio el estar recibiendo tratamiento farmacológico para la dislipidemia. La glucosa basal se reduce a valores de 100 mg/dl y cuando se encuentren valores por encima de éstos se recomienda la sobrecarga oral de glucosa, pero esta condición no es estrictamente necesaria para definir SM. En la siguiente tabla se muestran los criterios diagnósticos del síndrome metabólico ofrecidos por los organismos anteriormente enunciados.

Tabla 2
Criterios diagnósticos del síndrome metabólico

OMS (1998)	NCEP-ATP III (2001)	IDF (2005)
<p>1. Resistencia a la insulina identificada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diabetes tipo 2 o glucemia elevada en ayunas o intolerancia hidrocarburada - En pacientes con glucemia basal normal (<110mg/dl) captación de glucosa por debajo del menor cuartil en el <i>damp</i> euglicémico hiperinsulinémico de la población referencia <p style="text-align: center;">+</p> <p>2. Uno o más de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento antihipertensivo y/o presiones elevadas (≥ 140mmHg y/o (≥ 90mmHg) - Triglicéridos ≥ 150 mg/dl - c-HDL < 35mg/dl en varones, o <40 mg/dl en mujeres - IMC > 30Kg/m² y/o cociente cintura/cadera >0,9 en varones y > 0,85 en mujeres - Excreción urinaria de albúmina > 20μg/min o cociente albúmina/creatina > 30mg/g 	<p>3 o más de los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obesidad abdominal (diámetro de la cintura > 102cm en varones y < 88cm en mujeres). - Hipertrigliceridemia ≥ 150 mg/dl - c-HDL < 40mg/dl en varones, o >50mg/dl en mujeres - Presión arterial ≥ 130 y/u 85mmHg o tratamiento antihipertensivo - Glucosa basal ≥ 110mg/dl 	<p>1. Obesidad abdominal: diámetro de la cintura ≥ 94cm en varones, y ≥ 80cm en mujeres (europeos)</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p>2. Dos o más de los siguientes criterios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hipertrigliceridemia ≥ 150 mg/dl o en tratamiento farmacológico - c-HDL < 40mg/dl en varones, o <50 mg/dl en mujeres o en tratamiento farmacológico - Presión arterial ≥ 130 y/u 85mmHg o tratamiento farmacológico de la HTA - Glucosa basal ≥ 100mg/dl o diagnóstico previo de diabetes mellitus tipo 2

Adaptada de (Llisterri Caro & Luque Otero, 2006)

OMS: Organización mundial de la salud; c-HDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; IMC: índice de masa corporal; NCEP-ATPIII: *National Colesterio Education Program-Adult Treatment Panel III*; IDF: *International Diabetes Federation*; HTA: hipertensión arterial

1.2.2- Proteína C Reactiva

Para tener un buen control sobre el riesgo cardiovascular se recomienda hacer un seguimiento de diferentes biomarcadores sanguíneos (Martín-Ventura et al., 2009). Uno de ellos es la Proteína C reactiva (PCR). Se trata de una proteína plasmática circulante sintetizada por el hígado en respuesta a factores liberadores y por los adipocitos que aumenta sus niveles en respuesta a la inflamación general del cuerpo.

Este incremento se debe a un aumento en la concentración plasmática de interleucina 6 (IL-6), que es producida por macrófagos, células endoteliales y linfocitos T, como también lo hacen los adipocitos. A través de un examen de PCRAS se puede saber el riesgo cardiovascular que tiene un sujeto.

La medición de la PCR es la prueba más útil para valorar la presencia de un estado inflamatorio, habiéndose observado que en los pacientes con SM los valores plasmáticos de PCR y de IL-6 son más elevados (Epstein & Ross, 1999). Unos niveles de PCR ≥ 3 mg/l se consideran un factor de riesgo coronario, precisando los individuos que los presentan modificación de estilos de vida, entre los que se consideraría la práctica de actividad física (Llisterri Caro & Luque Otero, 2006).

Según la *American Heart Association* (AHA) (Sabatine et al., 2007) los valores de PCR detectable en sangre y su relación con el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular en personas adultas son:

- Nivel de PCR de alta sensibilidad $\leq 1,0$ mg/L: bajo riesgo cardiovascular.
- Nivel de PCR de alta sensibilidad entre 1,0 y 3,0 mg/L: medio riesgo cardiovascular.
- Nivel de PCR de alta sensibilidad ≥ 3 mg/L: alto riesgo cardiovascular.

Cuando existe una concentración elevada de PCR se presenta una inflamación crónica de nivel bajo. Esta proteína es un predictor independiente de enfermedad cardiovascular (ECV) y diabetes (Sallam, Khazaei, & Laher, 2010; Schmidt et al., 1999). Además, se ha evidenciado que la PCR tiene una correlación muy estrecha con la obesidad y la resistencia insulínica (Visser, Bouter, McQuillan, Wener, & Harris, 1999).

Por otra parte, esta relación entre inflamación y riesgo cardiovascular aumenta si un sujeto presenta diabetes, ya que los estudios sugieren que un proceso inflamatorio promueve la disfunción endotelial (Epstein & Ross, 1999) lo que contribuye a complicaciones vasculares.

Varios estudios han demostrado que el efecto antiinflamatorio de ejercicio aeróbico juega un papel importante en la reducción de los niveles de PCR (Hammett et al., 2004; Petersen & Pedersen, 2005) y no sólo en PCR, sino también en otros marcadores inflamatorios, como la IL-6, cuanto mayor es la intensidad, duración o frecuencia de la actividad física que se realiza (Nicklas et al., 2008), por lo que en los individuos inactivos físicamente, los cuales presentan valores elevados, serviría para reducir los niveles a valores normales (Fischer, Berntsen, Perstrup, Eskildsen, & Pedersen, 2007).

Por lo tanto, el ejercicio físico tendrá un marcado carácter antiinflamatorio a nivel sistémico y su efecto puede ser medido a través de la PCR ya que tenderán a verse reducidos sus niveles (Hammett et al., 2004).

1.2.3- Hemoglobina Glicosilada

La hemoglobina es una proteína globular, presente en los eritrocitos en altas concentraciones, que contiene hierro y que le otorga el color rojo a la sangre. Esta proteína tiene como función fijar el oxígeno en los pulmones y transportarlo a las células. Una

molécula de hemoglobina consta de cuatro cadenas polipeptídicas con dos secuencias de aminoácidos diferentes. En función de la organización y las características de estas secuencias existen tres tipos de hemoglobina: Hemoglobina del adulto A o normal (HbA), hemoglobina fetal (HbF) y hemoglobina del adulto A2 (HbA2) (Reaven, 2003).

A través del proceso de glucosilación, una molécula de glucosa se puede fijar a una molécula de hemoglobina. De este modo, así como la hemoglobina se fija a la molécula de O², también puede fijarse a una molécula de azúcar. Bajo condiciones normales la hemoglobina se glicosila con lentitud y de manera no enzimática (Reaven, 2003).

De los tres tipos de hemoglobina anteriormente mencionados, la HbA o normal representa el 97% de la hemoglobina en el adulto. Sólo un 6% de esta hemoglobina va a tener capacidad de glucosilación (Alberti & Zimmet, 1998b). Esta será la conocida como hemoglobina glicosilada (HbA1). A su vez, la hemoglobina glicosilada está compuesta por varios fragmentos, entre ellos: HbA1a, HbA1b, y HcA1c. De todos ellos el más estable y quien tiene mayor adhesión a la glucosa es la fracción HbA1c. A la hemoglobina glicosilada también se le denomina índice de control diabético, glucohemoglobina, HbG o A1c (Selvin et al., 2004).

La hemoglobina circula con los eritrocitos, que tienen una vida media de aproximadamente 90 -120 días. La medida de la hemoglobina glicosilada corresponde a un valor promedio de la glucosa en la sangre por ese mismo periodo. De este modo a través del estudio de la HbA1c se puede saber el porcentaje de hemoglobina unida a la glucosa circulante por el torrente sanguíneo en los 120 días anteriores al análisis sanguíneo (Davidson, Schriger, Peters, & Lorber, 1999; Sánchez Fernández de la Vega, 2010).

La fracción estable de la hemoglobina glicosilada, A1c, es un reflejo de la glucosa sanguínea tanto en ayuno como post-prandial por 90-120 días. El nivel de hemoglobina

HbA1c correspondiente a niveles normales de glucosa sanguínea se sitúa entorno al 4% - 6% (Davidson et al., 1999). En los años ochenta, se empezó a utilizar la hemoglobina glicosilada como medida del control de la glucemia. El estudio de *Diabetes Control and Complications Trial* (DCCT) (Trial, 1993) y el estudio *United Kingdom Prospective Diabetes Study* (UKPDS) (Group, 1998) demostraron una reducción estadísticamente significativa de las complicaciones microvasculares de la diabetes cuando se alcanzaban niveles de HbA1c de 7% o menores. Se estima que un 6% de HbA1c se corresponde con 135 mg/dL de glicemia y que el aumento de 1% de HbA1c, aumenta aproximadamente en 35 mg/dL, según la Asociación Americana de Diabetes (ADA), por sus siglas en inglés (Sánchez Fernández de la Vega, 2010).

En la siguiente tabla (tabla 3) se muestran las relaciones aproximadas entre los resultados de glucosa en ayudas y hemoglobina glicosilada.

Tabla 3
Relación aproximada entre los resultados de las pruebas de glucosa en ayunas y hemoglobina glicosilada. Extraído de ADA (2010).

Media de glucemia	Hemoglobina glicosilada
80 mg/dL – 120 mg/dL	5% - 6%
120 mg/dL – 150 mg/dL	6% - 7%
150 mg/dL – 180 mg/dL	7% - 8%
180 mg/dL – 210 mg/dL	8% - 9%
210 mg/dL – 240 mg/dL	9% - 10%
240 mg/dL – 270 mg/dL	10% - 11%
270 mg/dL – 300 mg/dL	11% - 12%
300 mg/dL – 330 mg/dL	12% - 13%

A partir de estos hallazgos, distintas organizaciones profesionales como la ADA, la OMS y *American Association of Clinical Endocrinologist* (AACE) han establecido unas metas de

control para los pacientes con diabetes para evitar complicaciones crónicas, ya que estas se deben principalmente a la falta de control de su mantenimiento. La meta de control a ser alcanzada, recomendada por ADA, es menos de 7% (Association, 2010) y, según AACE, menos de 6,5% (Rodbard et al., 2009).

Las ventajas de usar HbA1c sobre la glucosa en ayuno, prueba recomendada como preferencial hasta este momento, son: la muestra de sangre no tiene que ser tomada en ayuno, la muestra tiene menos variabilidad y es más estable en el periodo preanálisis, y los valores no suelen variar tanto como la glucosa en los pacientes con un estrés agudo (Rodbard et al., 2009).

En la siguiente tabla (tabla 4) se muestran los valores de glucemia recomendados en DM2.

Tabla 4

Metas de glucemia recomendadas en Diabetes tipo 2. Extraído de Rodbard et al. (2009).

AACE (American Association of Clinical Endocrinologists)	
Glucosa (ayunas)	110 mg/dL
Hemoglobina glucosilada (A1C)	< 6,5%
Glucosa postprandial (mg/dL)	< 140 mg/dL
ADA (American Diabetes Association)	
Glucosa (ayunas)	70 - 130 mg/dL
Hemoglobina glucosilada (A1C)	< 7 %
Glucosa postprandial (mg/dL)	< 180 mg/dL

Es importante mencionar además, que las ECV son la principal causa de muerte en diabéticos ya que se asocian a un deterioro y disfunción endotelial, lo que contribuye a las complicaciones vasculares en esta población (Khazaei, Moien-Afshari, Kieffer, & Laher, 2008; Moien-Afshari et al., 2008; Pacy, Dodson, Beevers, Fletcher, & Taylor, 1983).

Por lo tanto, otros de los biomarcadores sanguíneos sobre el que se recomienda mantener un seguimiento para tener un buen control cardiovascular es la hemoglobina glicosilada, concretamente el fragmento conocido como HbA1c, conociéndose que su formación es directamente proporcional a las concentraciones de glucosa que circulan en nuestra sangre y que es más estable ya que tiene una excelente adhesión a la glucosa, mostrando bastante exacta la glucemia (Davidson et al., 1999; Sánchez Fernández de la Vega, 2010).

1.2.4- Resistencia a la insulina

La RI se puede definir como la disminución de la capacidad de la insulina para ejercer sus acciones a nivel de sus órganos diana, especialmente hígado, músculo esquelético y tejido adiposo. Esto conlleva elevación de la glucemia e hiperinsulinemia reactiva. Los motivos por los cuales los tejidos disminuyen su sensibilidad a la insulina no están bien esclarecidos, aunque la obesidad y el acúmulo intrabdominal de tejido adiposo se correlacionan estrechamente con las alteraciones del metabolismo hidrocarbonado y la RI (Llisterri Caro & Luque Otero, 2006).

Esta hiperinsulinemia reactiva produce en los adultos la denominada DM2. Esta se refleja en una reducción de la expectativa de vida y en un aumento de morbilidad. Tradicionalmente, se ha reconocido a la hiperglucemia como la causante de daño tisular, que conduce a las complicaciones de la enfermedad (Llisterri Caro & Luque Otero, 2006).

Los criterios para el diagnóstico de diabetes de la ADA son claros (Association, 2010):

a) glucemia casual > 200 mg/dl en un paciente con síntomas característicos (se define como casual un análisis practicado en cualquier momento del día independientemente de la hora de la última ingesta), poliuria, polidipsia y pérdida ponderal; o

b) glucemia en ayunas > 126 mg/dl confirmada en dos determinaciones (en ayunas se define como la ausencia de ingestión calórica por lo menos durante 8 h), o

c) valores de glucemia tras 2 h de la sobrecarga oral de glucosa > 200 mg/dl.

En la figura 3 se resumen los criterios para el diagnóstico de la glucemia basal alterada y de la intolerancia a la glucosa (Association, 2010).

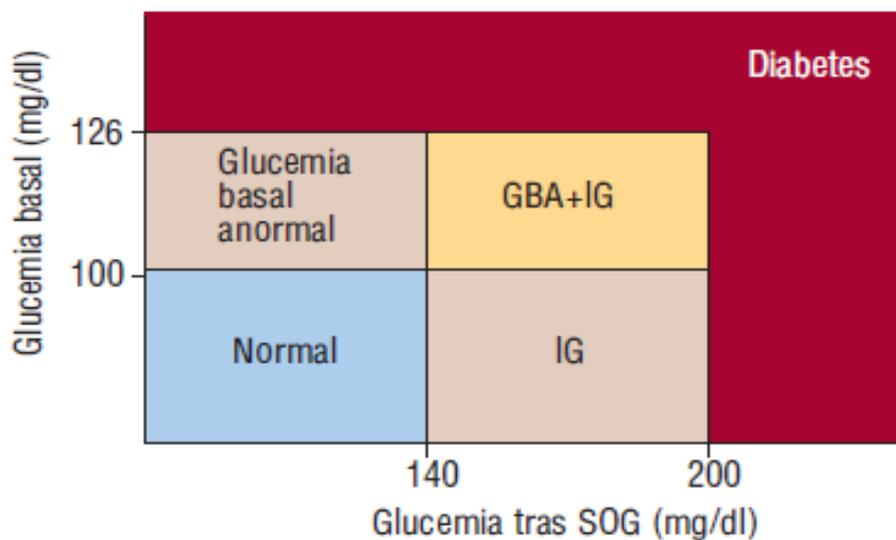


Figura 3. Concepto de disglucosia a partir de los criterios de la *American Diabetes Association* (Association, 2010).

Según la *American Diabetes Association* (Association, 2010), se diagnostica diabetes cuando varias determinaciones de glucemia basal (tras 12 h de ayuno) superan los 126 mg/dl o si la glucemia a las 2 h de una sobrecarga oral con 75 g de glucosa (SOG) supera los 200 mg/dl. Cifras de glucemia basal entre 100 y 126 mg/dl señalan el diagnóstico de «glucemia basal anormal» (GBA) y entre 140 y 200 mg/dl de glucemia tras SOG indican «intolerancia a la glucosa» (IG).

La RI ocupa un lugar fundamental en la patogenia del SM, aunque también tienen un papel importante la obesidad y la distribución abdominal de la grasa, que suelen acompañarse

de un incremento de la RI. Esta RI está relacionada con factores genéticos y ambientales, fundamentalmente dieta hipercalórica, tabaquismo y sedentarismo. El exceso de tejido adiposo resulta en un incremento de la circulación de ácidos grasos libres (que se acumulan en el músculo y el hígado aumentando la RI) y de citoquinas (como la PCR) que expresan un estado proinflamatorio (Llisterri Caro & Luque Otero, 2006).

La RI constituye la base patogénica común del SM y diferentes estudios han valorado esta cuestión. En uno de ellos (Zavaroni et al., 1989) encontraron que los individuos cuya respuesta a la insulina durante una prueba oral de tolerancia a la glucosa era elevada tenían presiones arteriales, glucemia y concentraciones de TGC más altas y concentraciones de c-HDL más bajas que en los sujetos con una respuesta menor de insulina. En otro estudio (Haffner et al., 1992), los sujetos que estaban en el cuartil superior de la distribución de la insulina basal, es decir, los que presentaban mayor RI, tuvieron una mayor incidencia de HTA, DM2, hipertrigliceridemia y concentraciones más bajas de c-HDL que los que estaban en el primer cuartil de la distribución de insulina.

Por consiguiente, sobre la base de una respuesta insulínica alterada, todas las estrategias terapéuticas a utilizar en el SM deben estar orientadas a neutralizar la misma y a disminuir el estado proinflamatorio asociado. Una de estas estrategias terapéuticas utilizadas para disminuir la glucemia es la práctica de ejercicio físico.

La actividad física en general realizada por personas con DM ofrece, teóricamente, las mismas ventajas que sobre la población general, a lo que se asocian ciertos efectos beneficiosos derivados de la movilización de los depósitos de glucógeno muscular y hepático, con un incremento paralelo del consumo de glucosa por parte del músculo esquelético, y al incremento en la oxidación de lípidos, lo que mejora la acción insulínica sobre los tejidos periféricos y permite mejorar los niveles de glucemia plasmática (Gulve, 2008).

Existen estudios que han evidenciado que el ejercicio físico puede tener un impacto temporal positivo sobre el control de la glicemia (Burstein et al., 1985; Heath et al., 1983).

Esta disminución de los niveles de glucemia tras el ejercicio físico se correlaciona con su duración e intensidad y con los niveles de glucosa antes del ejercicio. Hay que considerar que la mayoría de los estudios, tuvieron como frecuencia la realización de ejercicio físico 3 veces por semana, factor que podría justificar estos resultados, debido a que se sabe que el aumento de sensibilidad a la insulina, asociado al ejercicio físico, no permanece más que 72 horas (Sigal, Kenny, Wasserman, & Castaneda-Sceppa, 2004).

Al mismo tiempo, es importante determinar la intensidad del ejercicio físico, puesto que se ha evidenciado que el ejercicio de alta intensidad logra mejores resultados que un ejercicio de intensidad moderada, en relación con la sensibilidad a la insulina y a la oxidación de grasas en adultos sedentarios con sobrepeso u obesidad (Whyte, Ferguson, Wilson, Scott, & Gill, 2012)

Hasta la actualidad se han publicado cuatro metaanálisis (Boulé, Haddad, Kenny, Wells, & Sigal, 2001; Marwick et al., 2009; Snowling & Hopkins, 2006; Thomas, Elliott, & Naughton, 2006) que demuestran que en pacientes con DM2 la práctica de actividad física se asocia con una mejora significativa en el control glucémico, evidenciada mediante la reducción significativa de los niveles de hemoglobina glucosilada. Así mismo, diferentes estudios han mostrado disminución de la incidencia de DM2 en individuos físicamente activos, estimando una reducción del riesgo en un 58% en comparación con sujetos sedentarios (Kirk, Mutrie, MacIntyre, & Fisher, 2004).

En los mencionados metaanálisis realizados en pacientes con DM2, la mejoría en el control glucémico a medio plazo favorecida por la actividad física se traduce en reducciones medias de HbA1c de 0,6–0,8% (Boulé et al., 2001; Snowling & Hopkins, 2006; Thomas et al.,

2006), lo que podría ser clínicamente significativo en términos de potencial mejoría sobre el desarrollo y la progresión de complicaciones crónicas. Trasladado a los resultados del UKPDS) (Group, 1998; Stratton et al., 2000) por cada punto porcentual que decrecía la HbA1c se observaba un 35% de reducción en el riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares, un 25% de reducción en las muertes relacionadas con la diabetes, un 18% de reducción en el infarto de miocardio fatal y no fatal, y un 7% de reducción en todas las causas de mortalidad. De forma similar, un metaanálisis posterior (Selvin et al., 2004) ha demostrado que la disminución del 1% en el valor de HbA1c se asocia con la disminución del 15–20% en eventos cardiovasculares y una reducción del 37% en complicaciones microvasculares.

Si nos centramos en el tipo de ejercicio realizado, se ha demostrado que los beneficios del ejercicio aeróbico en el control de la glucemia si este se realiza 3 veces por semana a una intensidad no inferior a 75% VO₂ máx consisten en una pérdida de casi el 50% de la grasa abdominal y un incremento del 23% en la masa muscular, con un descenso significativo de los valores de HbA1c y un aumento en la sensibilidad a la insulina (Boraita Pérez, 2008).

Pero no sólo el entrenamiento aeróbico es beneficioso en el control de la glucemia. El entrenamiento de fuerza produce un incremento de la fuerza muscular con una notable mejoría en la HbA1c, y hay una estrecha relación entre el control de la glucemia y la masa muscular. Estos hallazgos están en consonancia con la patogenia de este tipo de diabetes, por lo que se debería incluir un entrenamiento de fuerza en los programas de ejercicio destinados al control de la glucemia. Un programa de 12 meses de ejercicio controlado mejora el IMC, disminuye la HbA1c un 0,26%, la presión arterial sistólica en 7,7 mmHg, el colesterol total en 0,33 mmol/l y el fibrinógeno en 0,28 mmol/l (Kirk et al., 2004). En consecuencia, un programa de entrenamiento en personas con RI eficaz sería aquel que incluyese o bien

ejercicio aeróbico de moderada a alta intensidad o ejercicio de fuerza, de tal manera que se obtenga una mejoría en la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y los diferentes parámetros fisiológicos y bioquímicos (Boraita Pérez, 2008).

1.2.5- Dislipidemia

La dislipidemia, se define como una condición fisiopatológica, donde los niveles de lípidos y lipoproteínas en sangre se encuentran alterados (Castelli, 1984). En algunos países se le conoce como dislipemia pudiéndose usar ambos términos como sinónimos. Esta condición se incluye en todos los criterios diagnósticos para el síndrome metabólico (Alberti & Zimmet, 1998b; Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001; Saely et al., 2006). La table 5 aporta unos valores normativos al respecto.

Tabla 5
Clasificación de los niveles de colesterol total, cLDL y cHDL. Extraído de Kelley & Kelley (2009)

Colesterol total	< 200: Deseable
	200-239: Límitrofe alto
	≥ 240: Alto
cLDL (Lipoproteína de baja Densidad)	< 100 Óptimo
	100-129: Cercano al óptimo
	130-159: Límitrofe alto
	160-189: Alto
	≥ 190: Muy alto
cHDL (Lipoproteína de alta Densidad)	< 40: Bajo
	≥ 60: Alto

cLDL: lipoproteína de baja densidad; cHDL: lipoproteína de alta densidad

La presencia de bajo nivel de cHDL, también conocido como colesterol bueno y niveles elevados de triglicéridos (>150 mg/dL) son definidos como predictores independientes de riesgo cardiovascular (RCV), en individuos que presentan síndrome metabólico (Rennie, McCarthy, Yazdgerdi, Marmot, & Brunner, 2003).

En cuanto a los efectos que el ejercicio físico tiene sobre la dislipidemia, la evidencia científica es contundente y clara ya que ha encontrado relación entre la inactividad física y la presencia de FRCV, asociados al SM, como la HT, RI, DM2, dislipidemia y obesidad (Lakka et al., 2003).

Al mismo tiempo, es importante mencionar que la actividad física, aparte de ser un factor preventivo, es un factor de tratamiento de estas enfermedades (Blair et al., 1996) siendo el ejercicio de predominio aeróbico el que actúa sobre el metabolismo de grasas (Evans & Cyr-Campbell, 1997), ampliando y aumentando la actividad de la enzima lipoproteínlipasa (LPL) en el músculo, para la utilización de estos como energía. En ese sentido, sujetos físicamente activos presentan mayores niveles de cHDL y valores menores en TG, cLDL y CT, en relación a los sujetos sedentarios (Durstine & Haskell, 1994).

Por otra parte, se ha estimado que después de realizar un ejercicio aeróbico de a una intensidad del 70% del VO₂máx, existe una disminución del CT y del cLDL, parámetros que regresan a su condición basal alrededor de las 24 horas post actividad (Durstine & Haskell, 1994).

Centrándonos en la población de estudio de la presente investigación, estudios llevados a cabo con mujeres pre y postmenopáusicas sedentarias y con sobrepeso en los cuales se compararon los efectos del entrenamiento aeróbico y de fuerza resistencia durante 3 meses de duración mostraron disminuciones significativas, tanto en ejercicios aeróbicos (25,6%), como de fuerza (19,9%). Estos grupos, al finalizar la intervención, no mostraron mayores

diferencias en sus niveles de cLDL, independiente del tipo de ejercicio realizado (Behall, Howe, Martel, Scott, & Dooly, 2003).

Por lo tanto, otro de los biomarcadores sanguíneos que facilitan el control del riesgo cardiovascular y que están relacionados con la dislipemia son el colesterol total y el c-LDL (Castelli, 1984), debiéndose destacar que la actividad física, aparte de ser un factor preventivo, es un factor de tratamiento de esta enfermedad y que puede cuantificarse su efecto mediante la valoración de estos biomarcadores (Blair et al., 1996).

1.2.6- Sarcopenia y Dinapenia

El proceso de envejecimiento humano comporta una serie de cambios a nivel de los diferentes sistemas del organismo que se traducen en una pérdida progresiva de diferentes funciones. Uno de los cambios bien descritos es el que se produce en la composición corporal y que se caracteriza por una disminución de la masa magra junto con un incremento paralelo de la masa grasa.

A este proceso descrito a finales de la década de los 80 por Rosenberg se le denomina sarcopenia, término derivado del griego ``sarco'' (músculo), y ``penia'' (pérdida) la cual es el resultado de la pérdida de unidades motoras lentas y rápidas (fibras tipo 1 y tipo 2, respectivamente), en donde además, se observa una pérdida pronunciada y acelerada de las unidades motoras rápidas (Cruz-Jentoft et al., 2010; Lexell, Downham, Larsson, Bruhn, & Morsing, 1995; Rosenberg & Roubenoff, 1995; Rosenberg, 1997). Esto, se traduce en una reconversión de fibras rápidas a lentas, que trae como consecuencia cambios en la aptitud funcional, relacionados con la fuerza y la potencia; elementos necesarios para el desarrollo de tareas cotidianas como levantarse de la cama, subir escaleras o recuperar el equilibrio tras una

perturbación del mismo (Lang et al., 2010). La sarcopenia se considera consecuencia del envejecimiento normal, aunque si coexiste con otros procesos patológicos puede acentuarse (Rosenberg, 1997; Roubenoff, 2000).

Junto a la pérdida de masa muscular también se produce un incremento de la infiltración de lípidos hacia el tejido muscular, el cual se puede deber a un aumento en el número de adipocitos o un aumento de la deposición de lípidos en las fibras musculares (Dubé & Goodpaster, 2006; Kraegen & Cooney, 2008; Liu et al., 2011). La tabla 6 resume alguno de los cambios más importantes.

Tabla 6
Cambios producidos en el tejido muscular en el proceso de sarcopenia. Extraído de Masanés, Navarro, Sacanella, & López (2010).

Reducción en el número de unidades motoras
Disminución del área muscular total
Menor densidad de fibras
Menor porcentaje de fibras tipo II
Menor disminución de fibras tipo I
Menor densidad capilar
Incremento de la duración de la contracción fibrilar
Cambios estructurales en las cadenas de miosina

El sistema muscular esquelético a partir de la tercera década de la vida sufre una lenta pero progresiva pérdida de la masa y fuerza muscular, circunstancia que se acentúa a partir de los 65–70 años (Goodpaster et al., 2001; Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000; Lauretani et al., 2003). A partir de los 50 años la masa muscular disminuye entre un 1–2 % anualmente y la fuerza muscular lo hace entre un 1,5–3 % a partir de los 60 años. En los varones el proceso es más progresivo, mientras que las mujeres presentan un brusco descenso coincidiendo con la menopausia (Baumgartner, Waters, Gallagher, Morley, & Garry, 1999; Morley, 2008; Rolland et al., 2008; Waters, Baumgartner, & Garry, 1999).

Esta pérdida de masa muscular está asociada a múltiples factores, entre ellos la actividad física, o mejor dicho, la inactividad o disminución de la actividad física. Es conocida la relación entre el nivel de actividad física y la pérdida de masa, composición (relación tipo de fibras) y fuerza muscular a cualquier edad. Debido a la asociación entre el envejecimiento y la disminución de la actividad física, en muchas ocasiones condicionada por diversos tipos de comorbilidad, el nivel de actividad física parece jugar un papel importante tanto en el desarrollo como en la prevención de la sarcopenia (Masanés Torán et al., 2010).

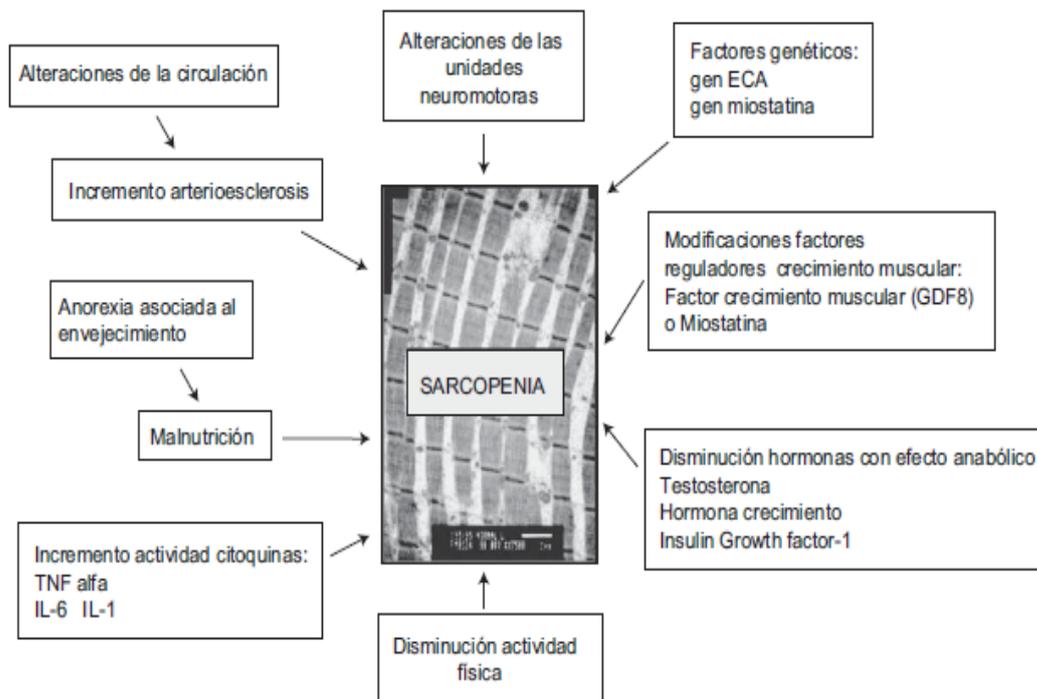


Figura 4. Factores implicados en el desarrollo de la sarcopenia.

Figura 4. Factores implicados en el desarrollo de la sarcopenia. Extraído de Masanés Torán et al. (2010).

Así, pues, el ejercicio físico tiene un efecto protector frente al desarrollo de la sarcopenia. No obstante, múltiples publicaciones indican que dicho efecto viene condicionado por el tipo de ejercicio realizado y, en concreto, aquellas actividades aeróbicas (caminar, correr, bicicleta

o nadar) que incrementan el consumo máximo de O^2 son las que se acompañan de una mejora en la calidad muscular y a la vez se asocian a menor morbimortalidad (Johnston, De Lisio, & Parise, 2007). Este tipo de ejercicio no contribuye a la hipertrofia muscular a diferencia de los ejercicios de fuerza, pero estimulan la síntesis proteica muscular (Roth, Ferrell, & Hurley, 2000). Los ejercicios de fuerza también se relacionan con una mejor función muscular y se ha descrito un incremento de la fuerza incluso en personas muy mayores que los realizan (Iannuzzi-Sucich, Prestwood, & Kenny, 2002; Morley, 2008; Rolland et al., 2008). Cabe destacar que la actividad física derivada de actividades lúdicas no es suficiente para prevenir la sarcopenia y debe ser un programa de ejercicios, tanto aeróbicos como de fuerza el que nos permita su prevención (Masanés Torán et al., 2010).

El entrenamiento físico mediante ejercicios de fuerza es la medida terapéutica más eficaz para la prevención y tratamiento de la sarcopenia, ya que produce una mejora de la masa, fuerza y resistencia muscular. Para que el entrenamiento sea totalmente efectivo, debe asegurarse una ingesta proteica suficiente, y si no es posible con la dieta habitual debe recurrirse al uso de suplementos enterales (Masanés Torán et al., 2010).

Junto con la sarcopenia, el envejecimiento trae consigo una pérdida gradual fuerza y funcionalidad o rendimiento. Esta pérdida de fuerza y rendimiento físico asociada con la edad o la pérdida funcional de la capacidad para generar la fuerza en las personas de edad avanzada, ya sea por motivos morfológicos (sarcopenia) o neuronales y que afectará al rendimiento funcional de las actividades cotidianas se le denomina dinapenia (Clark & Manini, 2008).

En este contexto, diversos estudios han demostrado resultados clínicos desfavorables, tales como limitaciones en la movilidad, fracturas, deficiencia funcional y discapacidad física, asociados a la sarcopenia y dinapenia (Janssen, Heymsfield, & Ross, 2002).

Este mismo estudio señala una asociación entre antecedentes de caídas y el uso de bastón y andador con el sufrimiento de sarcopenia, tanto en hombres como en mujeres. Además, a través de la evaluación de diversos test funcionales, como “*Timed up and Go*” y equilibrio monopodal, entre otros, se valoró el rendimiento de las extremidades inferiores. Los resultados mostraron una puntuación que fue menor en mujeres sarcopénicas que en sus pares sin esta condición (Baumgartner et al., 1998). Otros estudios muestran que individuos con sarcopenia presentan mayores limitaciones en las actividades generales de la vida diaria (Woo, Leung, Sham, & Kwok, 2009).

1.2.7- Cambios metabólicos y en la aptitud funcional como factores de riesgo cardiovascular en la mujer en la edad adulta

El envejecimiento conlleva constantes cambios, tanto metabólicos como corporales. Sin embargo, estos cambios no son lineales ni se presentan al mismo ritmo en hombres y mujeres. Las mujeres entre los 45 y 55 años de edad sufrirán de menopausia. Esta etapa que, además de significarles el término de su vida reproductiva, conlleva a un aumento importante de los FRCV, como DM2, la HTA y al mismo tiempo, un aumento en los factores de riesgo metabólicos como la dislipidemia, la RI y la circunferencia abdominal (Evans & Lexell, 1995; Orsatti, Nahas, Maesta, Nahas-Neto, & Burini, 2008).

Además, debemos agregar la bien establecida asociación existente entre el envejecimiento y disminución de la masa muscular (sarcopenia), la que está claramente ligada al desempeño, la aptitud funcional y por ende a las capacidades físicas (dinapenia), siendo las mujeres más susceptibles de presentar estos problemas de salud, por el simple hecho de que viven más tiempo, de seis a ocho años más que los hombres (Woo et al., 2009). Esta pérdida de masa muscular, se debe principalmente a un desequilibrio entre anabolismo y catabolismo de las

proteínas, pero también, según algunos autores, está asociada al declive de niveles hormonales, relacionados a la menopausia (Maltais et al., 2009).

En Chile, la Encuesta Nacional de Salud (Valdivia Cabrera, 2011) mostró que el 35,4% de las mujeres entre 45 y 64 años, padecía de SM y el 55% tenía una prevalencia de aumento de la circunferencia abdominal. Por su parte, al preguntar a las mujeres del rango de edad 45-64 años “¿qué hacen?”, los resultados arrojaron que el 92% de todas ellas eran sedentarias. Por otro lado, la mitad de la población encuestada señaló comer una pieza de fruta o verdura al día.

Nos encontramos entonces, que el problema de adquisición de hábitos saludables es una de las causas multifactoriales, influido por componentes biológicos, psicológicos, y fundamentalmente sociales, que nos hacen seguir o imitar modelos o patrones. Al mismo tiempo, parece no existir motivación a realizar actividad o ejercicio físico, a menos que se trate de una necesidad imperiosa.

1.2.7.1 Cambios en la composición corporal

La prevalencia de la obesidad aumenta con la edad y se presenta tanto en la mujer en edad fértil, como en la mujer posmenopáusica (Ogden et al., 2006).

Estudios longitudinales realizados en Estados Unidos con mujeres postmenopáusicas muestran un aumento significativo en la circunferencia de cintura y la masa grasa, aumento que se inicia unos años antes del último periodo menstrual. Estos hallazgos, se correlacionan con el incremento monofásico en la hormona folículo estimulante (FSH) (Sowers et al., 2007).

En esta etapa, muchas mujeres inician o no la Terapia Hormonal de Reemplazo (HRT). Respecto a esto, parece existir una diferencia entre la terapia oral y transdérmica. La terapia

oral, pero no la transdérmica, disminuye el Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1 (IGF-1) y estimula la Hormona del Crecimiento (GH). También se ha demostrado que el estrógeno oral anula la oxidación de lípidos (dos Reis, de Melo, Meirelles, Vezozzo, & Halpern, 2003). En consecuencia, el efecto general que produce la administración oral de estrógeno, es incrementar la masa grasa, a través de la supresión de la oxidación de lípidos, y disminuir la masa corporal magra (disminución del IGF-1) (Toth, Tchernof, Sites, & Poehlman, 2000).

Independiente de la HRT, existe redistribución y aumento en el contorno de cintura, el cual se traduce en un claro factor de riesgo asociado al síndrome metabólico que produce patologías tales como la RI, aumento de lípidos y de presión arterial (PA), aumentando los factores de riesgo y por ende la posibilidad de padecer SM (Martínez-Hervás et al., 2008; Simarro Rueda et al., 2011; Van Pelt, Evans, Schechtman, Ehsani, & Kohrt, 2002).

Además, estos cambios metabólicos aumentan el riesgo de padecer DM2. Esta patología, además de ser más frecuente en la mujer, provoca un riesgo cardiovascular mayor en mujeres que en hombres de tal forma que la relación de infartos en mujeres diabéticas con respecto a infartos en hombres diabéticos es 4:2 (Paoletti & Wenger, 2003).

Existen estudios que indican que la prevalencia de factores de riesgo examinada en consultorios urbanos tiene un predominio femenino de edad media de 61,3 años, estado civil casadas, con estudios básicos y ocupación inestable (Welty, 2001). Los parámetros biomédicos indican mujeres con predominio de diabetes, glicemia alterada, PA y CT elevados. A ellos, se suma que el 88% presenta estado nutricional alterado y 78% muestra riesgo cardiovascular elevado, independiente de la diabetes (Welty, 2001).

Los valores encontrados resultan preocupantes y reafirman la problemática que existe ante el aumento del riesgo cardiovascular en esta población de mujeres de este rango etario (Welty, 2001; Wenger, Speroff, & Packard, 1993).

1.2.7.2 Cambios en la masa muscular y fuerza

Son variados los factores que emergen con el paso de los años, y en particular en la periodo postmenopáusico, que sumado a una vida de escasa actividad física y malos hábitos saludables hace que aumente el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y metabólicas crónicas (Sowers et al., 2007).

Uno de los procesos que se produce con el paso de los años en la edad adulta y que tiene que ver con la pérdida de masa muscular, como ya hemos mencionado anteriormente, es la sarcopenia. Esta viene acompañada en ocasiones de dinapenia, sobre todo en mujeres adultas postmenopáusicas sedentarias que presentan varios factores de riesgo. Es importante indicar que junto con la pérdida de masa muscular se produce también una pérdida de calidad muscular (Vandervoort, 2002). Así mismo, se produce también un aumento en la grasa intramuscular (Kent-Braun, Ng, & Young, 2000). Estos factores predisponentes ligados al avance de la edad, se asocian a una disminución de la fuerza de tren inferior (Kent-Braun et al., 2000).

Respecto de esto, y como se ha abordado anteriormente, la sarcopenia y la dinapenia no serían síndromes propios sólo de un envejecimiento inactivo o de escasa actividad física (Rosenberg, 1997). De acuerdo a con los datos expuestos anteriormente, hablamos de condiciones que se acentúan en la mujer, debido a los cambios fisiológicos propios de su condición pre y post menopausia, que producen cambios significativos en la composición corporal.

Estos datos se han evidenciado en estudios con mujeres postmenopáusicas y mujeres con HRT, atribuyéndose, con una alta probabilidad, la pérdida de estrógenos como una de las causas que producen este cambio en la pérdida de fuerza y en la distribución de la

grasa corporal, observándose un aumento en la adiposidad central abdominal (Greeves et al., 1999).

La masa muscular en las mujeres tiende a decrecer gradualmente después de los 30 años de edad y muestra una pendiente acelerada y más marcada después de los 50 años (Maltais et al., 2009). Existen estudios que han evidenciado este proceso mostrando pérdidas de masa muscular de 0,6% después de la menopausia (Aloia et al., 1991; Greeves et al., 1999; Maltais et al., 2009). En esta etapa, junto con la pérdida de masa magra también se produce una pérdida de tejido óseo, de densidad ósea (Arlot, Sornay-Rendu, Garnero, Vey-Marty, & Delmas, 1997). Esta disminución ósea es más pronunciada durante los primeros 3 años del periodo menopaúsico (Aloia et al., 1991).

Durante el periodo menopaúsico ciertas hormonas relacionadas con el apetito sexual y la reproductividad, como son la estrona, el estrógeno, junto con otro tipo de hormonas y proteínas como la GH, deshidroepiandrosterona (DHEA), el IGF-1 o la insulina, varían su estructura y las cantidades en que son secretadas al torrente sanguíneo, afectando este cambio al mantenimiento de la masa muscular (Maltais et al., 2009). El IGF-1 y el Factor de Crecimiento Insulínico tipo 2 (IGF-2) son proteínas esenciales en el crecimiento, ya que activan las síntesis de proteínas e inhiben la degradación. Numerosos estudios han demostrado que la diabetes mal controlada está asociada con el retardo en el crecimiento, baja formación ósea e IGF-1 sérica reducida (Verhaeghe et al., 2000). Se ha demostrado que IGF-1 y estrógeno disminuyen conforme pasan los años, pero que esta disminución se acentúa en la menopausia (Payette et al., 2003).

Así, la disminución de los niveles de IGF-1 y la pérdida paulatina del efecto protector del estrógeno conforme avanza la edad en la mujer, podrían acelerar la pérdida de masa muscular. Si además añadimos a esto que la elevación en los niveles de citosinas durante la

menopausia contribuye al desarrollo de la sarcopenia e incrementa el riesgo de incapacidad física debido a la degradación de proteína en la musculatura (Evans & Lexell, 1995), nos encontramos ante un periodo de alto riesgo de sufrir enfermedades crónicas no transmisibles debido a la inactividad física y al desarrollo acelerado de la sarcopenia y dinapenia.

1.2.8- El rol del ejercicio físico en la mejora del síndrome metabólico y la dinapenia

Como se ha mencionado anteriormente, el SM es el conjunto de alteraciones metabólicas y cardiovasculares que están relacionadas básicamente con la resistencia a la insulina y la obesidad abdominal. Los componentes del SM se van instaurando progresivamente, y van aumentando en número y gravedad con la edad. Este hecho se relaciona con el grado de obesidad y el sedentarismo, entre otros factores. Por otro lado, la dinapenia era la pérdida de fuerza y rendimiento físico asociada con la edad.

Uno de los factores más importantes y determinantes en la prevención y tratamiento de estas dos patologías es la realización de ejercicio físico. Se sabe que el ejercicio físico es uno de los componentes, si no el más importante, en los programas de reducción de peso, con beneficios tanto cardiovasculares como para el metabolismo energético, y por lo tanto en la prevención del SM (Asikainen et al., 2004).

Aunque históricamente las organizaciones han enfatizado y centrado sus pautas en el ejercicio físico de tipo aeróbico (EA) para la pérdida de peso y mantenimiento del mismo, las directrices más recientes tienen su mirada dirigida al mantenimiento y reducción del peso a través del entrenamiento de fuerza (EF), argumentando que también puede ser eficaz para reducir la masa grasa y preservar el tejido muscular (Donnelly et al., 2009; Jakicic et al., 2001). Una de las instituciones a nivel internacional que confirma esta tendencia es la

American Heart Association Science Advisory que en el año 2000 afirmó que el EF complementa al EA en el control del peso (Pollock et al., 2000; Thompson et al., 2003).

Así pues, otro estudio posterior demostró que la combinación de EF y EA disminuye significativamente la masa grasa mucho más eficientemente que el EA por sí solo, en personas con DM2 (Fahlman, Boardley, Lambert, & Flynn, 2002). En la tabla que se muestra a continuación (Tabla 7) se muestran diversos estudios que evidencian los efectos del ejercicio de alta resistencia sobre la fuerza muscular en personas mayores.

Tabla 7.
Efectos del ejercicio de resistencia sobre la fuerza en personas ancianas. Extraído de Burgos Peláez (2006).

Referencia	Tipo de estudio	Sexo	Edad media	Tipo de entrenamiento	Duración	Efectos observados
Brose	ERC, comunidad	M/F	69	3xsem 80% CM	14 sem	36% ↑ fuerza muslo
Carmeli	ERC, residencia	M/F	82	3xsem 2-5Kg peso	12 sem	10-15% ↑ fuerza muslo
Charette	ERC, comunidad	F	69	3xsem 65-75% CM	12 sem	28-115% ↑ fuerza muslo, 7% ↑ área fibras tipo I, 20% ↑ área fibras tipo 2
Bamman	ERC, sanos	M/F	69	3xsem 80% CM	25 sem	82% ↑ fuerza muslo
Connelly	ERC, comunidad	M/F	76	3xsem dorsiflexión tobillo al 100% CM	2 sem	15% ↑ fuerza tobillo
Vincent	ERC, comunidad sedentarios	M/F	68	3xsem 50% CM 3xsem 80% CM	24 sem 24sem	16% ↑ fuerza muslo 20% ↑ fuerza muslo
Ferry	No grupo control. Sanos y activos	M	68	3xsem 80% CM	16 sem	27% ↑ fuerza muslo
Frontera	No grupo control. Sanos y sedentarios	M	60-72	3xsem 80% CM	12 sem	107% ↑ fuerza muslo
Frontera	ERC, sedentarios	F	74	3xsem 85% CM	12 sem	39% ↑ fuerza muslo
Fiatone	No grupo control, residencia	M/F	90	3xsem 80% CM	8 sem	174% ↑ fuerza muslo
Fiatone	ERC, residencia	M/F	87	3xsem 80% CM	10 sem	37-178% ↑ fuerza muslo
Lexell	ERC, comunidad	M/F	70-77	3xsem 85% CM	11 sem	163% ↑ fuerza muslo
Roth	ERC, comunidad sedentarios	M/F	69	3xsem 100% CM	13 sem	5% ↑ volumen muscular muslo

ERC: ensayo clínico aleatorizado; CM: capacidad física máxima; ↑: incremento

1.2.8.1 El entrenamiento de fuerza

1.2.8.1.1 Conceptualización y clasificación

La fuerza es un componente esencial para el rendimiento de cualquier ser humano y su desarrollo formal no puede ser olvidado en la prevención y tratamiento de las ECNT.

Definiciones de fuerza existen tantas como autores. Desde la perspectiva de la física, la fuerza muscular sería la capacidad de la musculatura para generar la aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento (Manso, 2000). Desde el punto de vista fisiológico, se entiende la fuerza como la capacidad de producir tensión en la musculatura al contraerse como producto de una acción muscular iniciada y sincronizada por procesos eléctricos en el sistema nervioso cuya finalidad es vencer la resistencia externa (Bosco, 2000).

Existen diversos tipos de fuerza en función de diferentes aspectos. Teniendo en cuenta la manifestación externa de la fuerza esta puede clasificarse en tres tipos: fuerza máxima, fuerza velocidad y fuerza resistencia. Centrándonos en la última de ellas, puesto que es la utilizada en el estudio del presente trabajo, se define como la capacidad de mantener una fuerza a un nivel constante durante el tiempo que dure una actividad o gesto deportivo donde, junto a la intervención muscular, también tendrá una importante implicación el aparato cardiopulmonar (Manso, 2000). Este tipo de fuerza es una de las más utilizadas para trabajos con poblaciones vinculadas a la mejora de la salud metabólica y funcional.

1.2.8.1.2 Efecto del entrenamiento de fuerza en los distintos parámetros metabólicos

La realización regular y frecuente de ejercicio y actividad física es una de las prácticas sociales que, con diferentes sentidos y objetivos, mayor apoyo reciben a nivel internacional para mejorar el bienestar y la calidad de vida de las personas de diversos grupos etarios.

En este contexto, son múltiples las evidencias científicas que relacionan la actividad física con mejoras en la salud individual. Esta afirmación es inequívoca y está bien documentada, manifestando por ejemplo, que quienes se ejercitan de forma regular disfrutan de una mejor salud y tienen un mayor grado de autonomía que las personas sedentarias (Ali & Twibell, 1995; Bergström, Pisani, Tenet, Wolk, & Adami, 2001; Berlin & Colditz, 1990; Paluska & Schwenk, 2000; Pratt, Macera, & Wang, 2000).

A pesar de la diversa evidencia científica, hasta ahora, los sistemas de salud se han preocupado de tratar la enfermedad y no de preservar la salud de los individuos. Una evidencia de ello, es que los diagnósticos de salud no consideran la evaluación ni tampoco la intervención en la condición física de los sujetos, siendo esta última, una de las variables generadoras de alteraciones metabólicas y pérdidas de aptitud funcional (Pratt et al., 2000).

En este contexto, esta condición física puede impactar en la sociedad a través de sus distintos componentes y debe sustentarse en una planificación que respete principios y de manera fundamental, cargas de trabajo según el perfil de los sujetos (Colado, 1996).

Entre estos componentes que determinan la condición física, se encuentra el desarrollo de la fuerza muscular; cualidad física fundamental para la salud de los seres humanos, y muy relacionada con importantes trastornos derivados de la vida sedentaria (Colado, 2004).

La falta de estímulo derivada de la contracción muscular producida por el ejercicio, condiciona la pérdida de masa muscular y la disminución de la capacidad funcional del músculo. Es así, como la inactividad, la obesidad y la pérdida de funcionalidad músculo-esquelética interactúan y se potencian para inducir la aparición de las enfermedades crónicas modernas (Bouchard & Rankinen, 2001).

Por su parte, el músculo esquelético es el elemento primario para el depósito de glucosa y triglicéridos, y también, determinante en la tasa metabólica de reposo (Braith & Stewart, 2006)

Es muy importante que el entrenamiento de fuerza, implique grandes grupos musculares, se realice sobre ejercicios multiarticulares y tenga un alto volumen, ya que este tipo de entrenamiento producirá mayores modificaciones en la composición corporal y éste es un factor clave para alterar los perfiles lipídicos en sangre (Fagard, 2006).

El entrenamiento de fuerza ha sido, además, considerado como una forma posible de ejercicio para ayudar a los sujetos afectados por DM2 a controlar su enfermedad. Estudios a corto plazo, indican que se pueden alcanzar mejoras en el consumo de glucosa por medio del entrenamiento de fuerza de larga duración (Honkola, Forsen, & Eriksson, 1997; Yki-Järvinen, DeFronzo, & Koivisto, 1984).

Una de los efectos más estudiado del entrenamiento de fuerza es el que produce sobre el perfil lípido de los sujetos. Varios estudios demuestran que el entrenamiento de fuerza mantenido mejora el perfil lipídico de mujeres pre-menopáusicas, disminuyendo el CT y el c-LDL y aumentado el c-HDL (Prabhakaran et al., 1999).

Sin embargo, en otro estudio realizado con adultos sedentarios hipercolesterolémicos el entrenamiento de fuerza no produjo cambios en el perfil lipídico (Sousa, da Mata Silva, Simoes, Moreno, & Pacheco, 2005).

En el año 2006, salió a la luz un estudio transversal donde se investigó la asociación entre la fuerza muscular y la aptitud aeróbica con los riesgos asociados al SM en 1019 adultos, en el cual se concluyó que la fuerza muscular y la aptitud aeróbica estaban asociadas independiente e inversamente a las normalidades presentes en el SM (Wijndaele et al., 2007).

La evidencia aportada por diversos estudios permite concluir que la actividad física regular ayuda a prevenir y corregir la obesidad, como asimismo disminuir las alteraciones metabólicas y el riesgo a desarrollar una variedad de enfermedades crónicas no transmisibles

1.2.8.1.3 Métodos y dispositivos de entrenamiento de la fuerza

Para abordar el trabajo de la fuerza existen diversos métodos y dispositivos de entrenamiento que pueden ser clasificados en tradicionales y emergentes (Colado, 2004). A través de ellos, es posible diseñar y aplicar ejercicios que se desarrollan principalmente en un régimen de acción muscular dinámica. Éstos emplean diversos tipos de resistencias externas para su ejecución. Se utilizan pesos libres, máquinas de resistencia variable, poleas, dispositivos isoinerciales o tubos elásticos, entre otros (Colado, 1996). Su principio de acción se basa en aumentar las exigencias de tensión muscular por encima de las demandadas en las actividades de la vida diaria. La forma de valorar la exigencia del trabajo con sobrecarga es decir, la intensidad, es generalmente en base al porcentaje o percepción de esfuerzo realizado, sirviendo estos porcentajes o percepciones para la prescripción del esfuerzo percibido (Robertson et al., 2003).

Dependiendo del objetivo que se busque se diseñará el método de entrenamiento adecuado, ajustando los parámetros del entrenamiento (volumen de trabajo, pausas, intensidades) y recursos de aplicación a dicho objetivo. En ese sentido son típicos los programas que han empleado el peso libre como mancuernas o barras para entrenar este tipo de cualidad (Kraemer et al., 2002). Sin embargo, estos dispositivos son costosos y no todos los ejercitantes e instituciones tienen acceso a él (Colado & Triplett, 2008). Por este motivo se ha intentado encontrar otros recursos prácticos con los que poder desarrollar programas y actividades para mejorar la fuerza de la manera más accesible y eficaz posible. Sobre este respecto, diversos han sido los estudios que han comparado la eficacia en términos de

activación muscular aguda a la hora de emplear dispositivos tradicionales con otros alternativos de bajo coste y fácil acceso, como son por ejemplo las tubos o tubos elásticos, ya que supuestamente si esta actividad muscular aguda es al menos la misma entre ambos tipos de dispositivos daría pie a poder hipotetizar que las adaptaciones crónicas tras su empleo sistemático también deberían ser las mismas, como así ha sido medido durante numerosos años en estudios de intervención que han empleado este tipo de dispositivos de propiedades elásticas, como más adelante así se mostrará en este apartado.

De manera concreta, deben reseñarse los estudios de Jakobsen et al. (2012), Jakobsen et al. (2013) y Aboodarda et al. (2013) los cuales recientemente han corroborado que las tubos o tubos elásticos pueden llegar a crear los mismos niveles de activación muscular que las máquinas o peso libre tanto en el tronco como en las extremidades.

Estos estudios descriptivos indicados en el párrafo anterior, corroboran la presunción de eficacia que otros estudios de intervención han conseguido obtener de manera directa en los últimos tiempos en diferentes tipos de población. Basándose en todo esta contextualización, es fácilmente comprensible el por qué de algunos estudios que han tratado de identificar, para la franja etaria aquí desarrollada en el presente estudio, la presunta eficacia de manera crónica de otros dispositivos de bajo coste, fácil uso y almacenaje como es el caso de las tubos elásticos (Colado et al., 2012; Colado et al., 2009; Colado & Triplett, 2008).

Estos estudios con dispositivos elásticos han demostrado de manera simple o combinada la eficacia del entrenamiento de fuerza en la reducción del riesgo cardiovascular y disnea en mujeres de diferente franja etaria, incluida la menopausia. Alguno de ellos ha aplicado además para eso una metodología original para el control de la intensidad que pasa por el control de las repeticiones según el objetivo pretendido y ajustado para la percepción del

esfuerzo, manteniéndose el resto de variables estándar para la prescripción del ejercicio (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009, 2012).

En un estudio realizado recientemente, se determinaron los efectos sobre la capacidad funcional y la composición corporal originados mediante el uso de diferentes dispositivos, en concreto, entre tubos elásticos y máquinas de pesas. Para ello, aplicaron un programa de entrenamiento enfocado en la resistencia muscular, en mujeres sedentarias premenopáusicas, las cuales vieron aumentada su fuerza muscular con ambos dispositivos (Colado et al., 2010).

La utilización de dispositivos con tubos elásticos ha sido aplicada en la actualidad con fines terapéuticos, mostrando una mejora sustancial en los estudios realizados. Por ejemplo, los estudios llevados a cabo en el tratamiento de lesiones del manguito rotador, mostrando un aumento en la activación de todos sus músculos y complementarios (Myers et al., 2005), como también en el trabajo de la musculatura paravertebral, mostrando una alta activación de estabilizadores tanto locales como globales (Colado et al., 2011).

Dada la eficacia de estos dispositivos elásticos, han salido recientemente al mercado otros que intentan variar las propuestas y además ser más versátiles y de fácil uso, como por ejemplo el denominado *Exercise Station de Thera-Band®*, una estación de ejercicio en la que anclándose tubos elásticos que se sujetan con barras o asas facilitan el desarrollo de ejercicios de fuerza para cualquier región corporal.

Los efectos que este tipo de dispositivo puede llegar a provocar en el rendimiento físico ya han salido medidos en mujeres deportistas (Colado et al., 2010). Sin embargo, nada se sabe al respecto de si empleado en la población etaria aquí indicada podría llegar a provocar efectos positivos para el rendimiento físico y la reducción de riesgo cardiovascular e, incluso, si éstos serían distintos de los provocados por otros dispositivos tradicionales.

Así pues, la identificación de estas incógnitas sería crucial ya que se le podría dotar al profesional del ámbito clínico y/o deportivo/recreativo de un conocimiento aplicado con el que poder decidir si para esta franja etaria puede incorporar de manera segura y eficaz este tipo de material accesible y poco costoso a su quehacer profesional cotidiano.

1.3-Objetivos

1.3.1- Objetivo general

El objetivo general del presente estudio fue evaluar los efectos sobre el riesgo cardiovascular y el rendimiento físico provocado por un entrenamiento de fuerza con diferentes tipos de dispositivos en mujeres de 40 a 50 años con bajo riesgo metabólico.

1.3.2- Objetivos específicos

De manera concreta, como objetivos específicos se pueden indicar los siguientes:

- a) Comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza mediante una intervención realizada con un dispositivo de tubos elásticos versus dispositivos tradicionales de peso libre sobre algunos biomarcadores sanguíneos de riesgo cardiovascular: Proteína C Reactiva, Hemoglobina Glicosilada, Colesterol: Lipoproteína de baja Densidad y Colesterol Total.

- b) Comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza mediante una intervención realizada con un dispositivo de tubos elásticos versus dispositivos tradicionales de peso libre sobre algunas variables asociadas a la aptitud funcional: Fuerza resistencia abdominal frontal; fuerza resistencia abdominal lateral; flexibilidad anterior de tronco; equilibrio monopodal estático (pierna dominante); Coordinación general; Capacidad aeróbica; Fuerza máxima isométrica de las extremidades superiores e inferiores.

1.4-Hipótesis

En concordancia con los objetivos pretendidos en esta investigación y en función de la revisión bibliográfica efectuada y de la experiencia profesional acumulada, se han propuesto las siguientes hipótesis que versarán entorno al riesgo cardiovascular y la aptitud funcional:

Hipótesis 1 (H1): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que reducirá los niveles de Proteína C Reactiva.

Hipótesis 2 (H2): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que reducirá los niveles de Hemoglobina Glicosilada.

Hipótesis 3 (H3): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que reducirá los niveles de algunos lípidos en sangre como por ejemplo son el c-LDL y el Colesterol Total.

Hipótesis 4 (H4): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los

dispositivos tradicionales puesto que mejorará la fuerza de las extremidades y del tronco.

Hipótesis 5 (H5): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que mejorará la flexibilidad de la cadena muscular posterior del cuerpo.

Hipótesis 6 (H6): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station Thera-Band®* contribuirá a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que mejorará la coordinación general.

Hipótesis 7 (H7): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que mejorará el equilibrio.

Hipótesis 8 (H8): La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres entre 40 y 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuirá a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales puesto que mejorará la capacidad aeróbica.

2- METODOLOGIA

2.1. Diseño del estudio

La presente investigación siguió un diseño experimental de tipo ensayo clínico aleatorizado. La muestra constó de 62 mujeres participantes que, después de un seguimiento previo, se asignaron aleatoriamente a tres grupos, dos experimentales y uno de control. La investigación se desarrolló de acuerdo a las tres fases que se detallan a continuación

2.1.1- Fase 1: Diagnóstico y normalización de las variables asociadas al contexto del estudio

Esta primera etapa de la investigación se llevó a cabo desde el mes de abril hasta octubre del año 2011, por lo que tuvo una duración de siete meses. Durante esta fase se tomaron diversas decisiones determinantes para el desarrollo del estudio que se especifican seguidamente.

1) Selección del tema

El proceso de selección del tema abarcó desde el mes de mayo hasta agosto de 2011, teniendo una duración de 4 meses. Durante este periodo de tiempo, diversos factores fueron clave para la selección del tema de estudio, tales como la experiencia profesional del investigador con poblaciones con una alta prevalencia de FRCV o el coste y eficacia de materiales para la mejora de ECNT.

2) Revisión de la literatura

La revisión de la literatura tuvo un primer momento de atención especial, pero se prolongó hasta la tercera fase de este. Esto permitió conocer en profundidad el tema, las carencias y potencialidades de los diversos estudios realizados, así como sus metodologías, materiales e instrumentos utilizados. En realidad, la revisión se ha extendido hasta la misma fecha de presentación de la tesis doctoral para conseguir la máxima actualización posible.

3) Diseño de anteproyecto

Durante los meses de mayo, junio y julio de 2011 se esbozó la estructura básica del procedimiento a seguir. En particular, se elaboraron los protocolos para desarrollar la investigación y se establecieron los objetivos, las hipótesis del estudio, la metodología de entrenamiento, los ejercicios a realizar, la selección y adquisición de instrumental y material, así como la identificación del local donde se iba a desarrollar el proyecto.

4) Reuniones de coordinación

Entre los meses de julio y octubre de 2011 se produjeron las reuniones con las autoridades del Centro de Salud Familiar y Ministerio de Salud, así como las autoridades de la Clínica Alemana de Valdivia con las que se formalizó el convenio que permitió la realización del estudio (anexo 1).

5) Autorización Comité de Ética

En el mes de agosto se consiguió la autorización del Comité de Ética del Ministerio de Salud (anexo 2).

6) Diseño del estudio

Durante los tres meses (agosto, septiembre y octubre de 2011) previos al inicio de la intervención se llevaron a cabo tareas de selección, tanto del equipo de monitores que se encargaría de dirigir y supervisar el programa de entrenamiento como de las participantes que formó la muestra del estudio. A los monitores que trabajaban en el Gimnasio Corbos se les convocó nominalmente a una reunión para invitarlos formalmente a participar en el desarrollo del estudio. Aquéllos que aceptaron la invitación participaron posteriormente en una serie de reuniones y jornadas de formación técnica y académica realizadas durante el mes de octubre.

En el caso de la muestra, ésta fue seleccionada a partir de la base de datos proporcionada por el Centro de Salud Familiar municipal. Posteriormente esta base de datos fue introducida en el programa estadístico ACCES, donde finalmente se realizaría la selección de las participantes que cumplieran con las variables requeridas para el perfil de ingreso. A las participantes finalmente seleccionadas, se les envió una carta durante la primera semana de octubre de 2011 a su domicilio donde se les invitaba a participar en el estudio (anexo 3).

Una vez seleccionada la muestra se realizaron reuniones durante la segunda y tercera semana de octubre con las mujeres del estudio (anexo 4), donde se les entregó, en primer lugar, el consentimiento informado (anexo 5). Una vez mostraban su conformidad, cumplimentaron la ficha personal en la que aparecían registrados datos y antecedentes personales, de salud, de escolaridad, familiares y otros antecedentes de interés que pudieran pertenecer al estudio (anexo 6). Asimismo, se analizó el expediente de medicina preventiva de cada una de las participantes del estudio, proporcionado por el Centro Médico Familiar Municipal (anexo 7). Al finalizar esta fase se produjo el proceso de aleatorización de la muestra, quedando distribuidas cada una de las participantes en los respectivos grupos (experimentales o control).

7) Sesiones familiarización

Antes de comenzar el programa de intervención, la muestra fue instruida durante la última semana del mes de octubre en tres sesiones piloto hasta que demostraron competencia en los ejercicios y pruebas físicas que se les iba a aplicar (anexo 8). Se les convocó de acuerdo a la conformación de los grupos experimentales y de control. En estas 3 sesiones se integraron periodos de experimentación con la escala OMNI-RES de percepción de esfuerzo percibido para tubos elásticos para así familiarizar a la muestra con este método de valoración de la intensidad (anexo 9).

2.1.2 - Fase 2: Intervención, supervisión y evaluación del proceso

Esta segunda etapa de la investigación se llevó a cabo desde el mes de noviembre del año 2011 hasta el mes de enero del año 2012, por lo que tuvo una duración de tres meses, coincidiendo íntegramente con el periodo de intervención del programa experimental a las mujeres participantes. A continuación se indican los procesos que se produjeron a lo largo de esta segunda fase.

1) Registros

En la primera semana de noviembre de 2011, es decir, posterior a las sesiones piloto y previas al inicio del programa de ejercicio físico, las mujeres fueron citadas de acuerdo a la formación de los grupos del estudio para realizar tanto las mediciones de los parámetros sanguíneos como de las pruebas funcionales. Para el registro de los parámetros sanguíneos, los test se realizaron por la mañana, concretamente a las 8:00 horas, mientras que el registro de las pruebas funcionales se realizó por la tarde y en días alternos (anexo 10). Los valores se registraron en fichas (anexo 11). El día en el que se realizaban las pruebas funcionales también se les tomó nota de las medidas antropométricas de estatura, peso y porcentaje graso para verificar la homogeneidad y una mejor descripción de la muestra. Este mismo protocolo se llevó a cabo al finalizar el periodo de intervención, registrándose los valores postentrenamiento.

2) Intervención

Esta etapa incluyó la puesta en marcha del programa de intervención, de acuerdo a la estructura y las cargas previamente programadas, según el perfil de los sujetos de estudio. Su duración fue de 3 meses, desde noviembre de 2011 hasta enero de 2012. Todos los sujetos fueron supervisados por estudiantes entrenados y calificados del último año de carrera de

Educación Física de la Universidad Austral de Chile, como también, por el dueño del gimnasio y el presente investigador. Todos los técnicos que en definitiva han participado en su supervisión han recibido la formación pertinente para esto. Por lo tanto, todo esto significó que el estudio fue altamente supervisado, lo que además garantizó la motivación de los sujetos de estudio (anexo 12).

2.1.3 - Fase 3: Evaluación final

Esta tercera y última fase de la investigación se llevó a cabo desde el mes de febrero del año 2012 hasta la fecha de presentación de la tesis, a finales del año 2013, por lo que es la etapa de mayor duración. Junto con la revisión de la literatura, se produjeron los procesos que se detallan a continuación.

1) Análisis de los resultados

En esta etapa se realiza el análisis y tratamiento de los resultados obtenidos en las dos mediciones realizadas en la fase anterior de pre y post intervención. Este proceso se prolongó durante 15 meses, desde febrero del año 2012 a mayo del año 2013.

2) Escritura y revisión de la tesis

El periodo de escritura comenzó en el mes de marzo del año 2012 y se ha prolongado hasta la fecha de presentación de la tesis, revisándose previa entrega de la misma a las instituciones pertinentes.

2.3 - Sujetos del estudio

La población objeto de la presente investigación estuvo conformada por un total de 62 mujeres adultas de la ciudad de Valdivia (Chile) de una media de edad de $46\pm 3,71$ años, altura de $154,14\pm 6,31$ cm, peso corporal de $77,01\pm 14,14$ Kg, e índice de masa corporal (IMC) de $32,58\pm 5,05$ Kg/m². También eran sedentarias, amas de casa, con situación social y económica vulnerable, pertenecientes al centro de Salud Familiar Municipal (CESFAM), Dr. Jorge Sabat de la comuna de Valdivia (Chile), lugar al cual asisten y reciben servicios de atención primaria. Todas ellas se encuentran registradas en la base datos de la institución y con el examen de medicina preventiva del adulto al día (EMPA). Las características de los sujetos puede observarse en la tabla 8.

Tabla 8
Características de los sujetos de la muestra

Variable	Mujeres	
	Media	D. Típica
Edad (años)	46,47	3,71
Peso corporal (kg.)	77,01	14,14
Talla (cm.)	154,14	6,31
IMC (kg/m ²)	32,58	5,05

*D. Típica: Desviación Típica

Los sujetos implicados en el estudio, debían cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Mujeres entre 40 y 50 años
- Sedentarias y con bajo riesgo cardiovascular
- No padecer ninguna alteración de salud (mental, osteomuscular y cardiovascular) que dificulte o impida la incorporación plena y seguimiento del programa de ejercicio físico propuesto en el presente estudio.

- No tener más de tres variables alteradas asociadas al Síndrome Metabólico según la clasificación aportada por el Adult Treatment Panel III.

- Manifestar compromiso firme de mantenerse en el estudio según los criterios de asiduidad y temporalidad que se marquen y previo a ello firmar el consentimiento informado pertinente.

- Estar inscrita en FONASA (Fondo Nacional de la Salud), Nivel A, B, C o D.

- Pertenecer a una situación socioeconómica vulnerable (según clasificaciones del Ministerio de Salud de Chile).

Respecto a los criterios de exclusión, fueron considerados los siguientes:

- Enfermedades cardiovasculares .

- Estar bajo tratamiento de un algún factor de riesgo mayor.

- Incompatibilidad horaria con el estudio.

Según estudios previos (Colado et al., 2009) se consideró que para conformar tres grupos sería necesario captar a 62 sujetos, los cuales fueron distribuidos, de manera aleatoria y equilibrada en número, a cada uno de los tres grupos que se describen a continuación. Al igual que estudios previos se introdujo algunos sujetos más en el grupo de materiales elásticos en previsión a posibles abandonos que pudiera suscitar el empleo de un material más novedoso (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2012). Todos los sujetos del estudio fueron advertidos previamente que debido a la aleatorización del estudio cabría la posibilidad de que no pudieran participar en él dentro de los grupos de intervención, existiendo el compromiso de que tras el periodo experimental del estudio entrarían de manera prioritaria en otros grupos comunitarios conformados de ejercicio físico, siempre y cuando aún tuvieran interés por ello.

- Grupo experimental de tubos elásticos (TE): conformado por 22 participantes que realizaron el programa de entrenamiento con el dispositivo *Exercise Station de Thera-band®* con tubos elásticos.
- Grupo experimental de pesos libres (PL): conformado por 20 participantes que realizaron el programa de intervención con un dispositivo tradicional asociado a los pesos libres (por ejemplo: barras y discos).
- Grupo control (GC): conformado por 20 participantes que no fueron intervenidos ni con el dispositivo de *Exercise Station de Thera-band®* ni con los dispositivos tradicionales de pesos libres, por lo que únicamente desarrollaban sus actividades de la vida diaria como lo habían hecho hasta ese momento.

A lo largo del estudio no hubo ningún abandono, finalizando el mismo los 62 participantes que lo habían iniciado.

2.4 – Consideraciones éticas

La presente investigación se realizó bajo estrictos criterios éticos y científicos, garantizándose que los datos obtenidos sólo serán utilizados con fines de estudio asociados a esta investigación. Además, la presente investigación pasó los siguientes requisitos:

- a- Aprobación del Comité de Ética del Ministerio de Salud (Chile).
- b- Validación del Consejo interdisciplinario del Centro de Salud Familiar Municipal, D Jorge Sabat de Valdivia (Chile).
- c- Firma del consentimiento informado de cada sujeto de estudio.

En su totalidad, las participantes aceptaron participar en el estudio mediante la firma de un consentimiento informado expreso y el estudio fue aprobado por una comisión ética institucional. Todos los procedimientos descritos en este estudio cumplen los requisitos establecidos en la declaración de Helsinki 1975, revisada en 2008 (Williams, 2008).

2.5- Instrumentos de medición

Los materiales e instrumentos empleados en el estudio se clasifican en aquellos que fueron destinados a medir la valoración de los parámetros metabólicos y, por otro lado, los parámetros de aptitud funcional y medidas antropométricas. A continuación se expone la descripción de cada uno de ellos.

2.5.1 - Medición de los parámetros metabólicos

Para la evaluación de variables vinculadas a la salud metabólica, se utilizaron métodos invasivos por parte de personal sanitario acreditado, obteniéndose una muestra hematológica a través de punción venosa mediante aguja hipodérmica desechable de 32mm de grosor, jeringuilla de plástico desechable de 10ml, cincha compresora y gasa estéril empapada en alcohol etílico de 96 grados, de acuerdo a los procedimientos establecidos por el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia (Chile).

Para el análisis de los parámetros sanguíneos se utilizó un sistema automatizado, a través del analizador químico Roche, modelo Cobas C-311. Para la obtención del perfil lipídico (LDL, HDL), se utilizó el Test Enzimático Colorimétrico mediante un espectrofotómetro Shimatzu modelo UV-160 de doble haz, mientras que para los biomarcadores Proteína C Reactiva y Hemoglobina Glicosilada, se empleó el Test inmunoturbidimétrico, empleando el analizador automático de bioquímica y de pruebas inmunoturbidimétricas BT 3500. En cada uno de estos test se utilizaron reactivos enzimáticos tipo 1. Los resultados fueron anotados en una ficha de registro de datos.

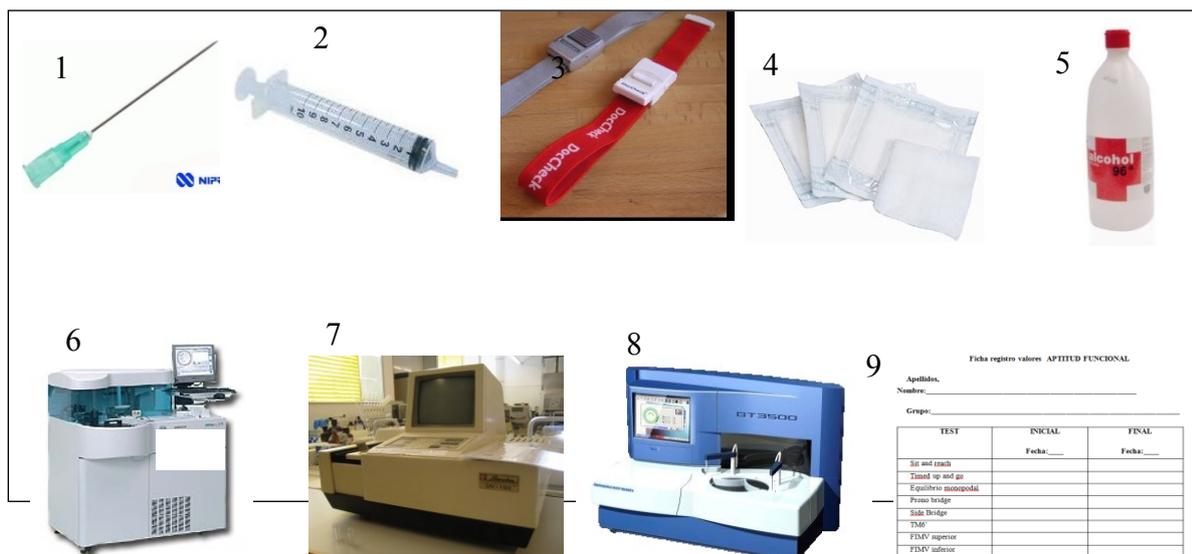


Figura 6. Instrumentos utilizados para la medición de los parámetros metabólicos, 1: aguja hipodérmica desechable de 32mm, 2: jeringuilla de plástico desechable de 10ml, 3: cincha compresora, 4: gasa estéril, 5: alcohol etílico de 96 grados, 6: analizador químico Roche modelo Cobas C-311, 7: espectrofotómetro Shimadzu modelo UV160 de doble haz, 8: analizador automático de bioquímica y de pruebas inmunoturbidimétricas BT 3500, 9: ficha de registro de datos.

2.5.2 - Medición de los parámetros de Aptitud Funcional

Para evaluar la aptitud funcional de los sujetos, se llevaron a cabo por parte de personal cualificado de una serie de test funcionales de valoración de diferentes cualidades físicas, tales como la flexibilidad, la fuerza, la capacidad aeróbica, el equilibrio, la coordinación general. Los instrumentos utilizados para la realización de dichos test fueron los siguientes:

2.5.2.1 Flexibilidad (*Sit and Reach Test*)

Para la medición de la flexibilidad a través del test de “Sentar y Alcanzar” (*Sit and Reach*) se utilizó un cajón de medición de madera de 36 cm de altura, 41 cm de anchura, 45 cm de base inferior y 68 cm de base superior (*Acuflex I Flexibility tester*), con regla milimetrada adosada en la base superior. También se empleó una ficha de registro de datos.

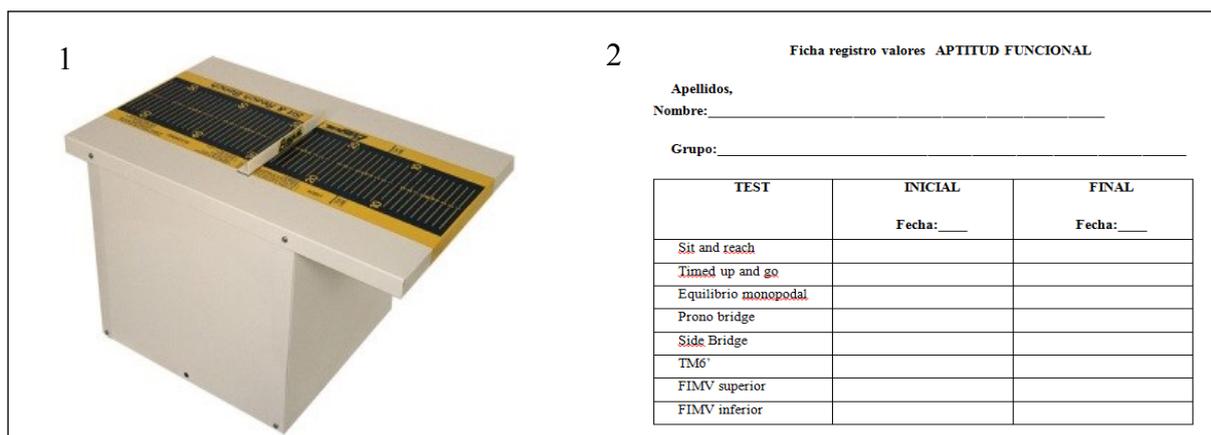


Figura 7. Instrumentos utilizados para la medición de la flexibilidad, 1: cajón de medición de madera con regla milimetrada en base superior modelo *Acuflex I flexibility tester*, 2: ficha de registro de datos.

2.5.2.2 Equilibrio (test de equilibrio monopodal pierna dominante)

Para la medición del equilibrio a través del test de equilibrio monopodal en pierna dominante se empleó un cronómetro digital *On Start 300*, un silbato *Fox Tremblay*, y una ficha de registro de datos.



Figura 8. Instrumentos utilizados para la medición del equilibrio, 1: cronómetro digital *On Start 300*, 2: silbato *Fox Tremblay*, 3: ficha de registro de datos.

2.5.2.3 Coordinación general (*Timed up and Go Test*)

Para la medición de la coordinación general a través del test “Levantarse y caminar” (*Timed up and Go*) se empleó un cronómetro digital *On Start 300*, un silbato *Fox Tremblay*, una silla, un cono rígido y una ficha de registro de datos.

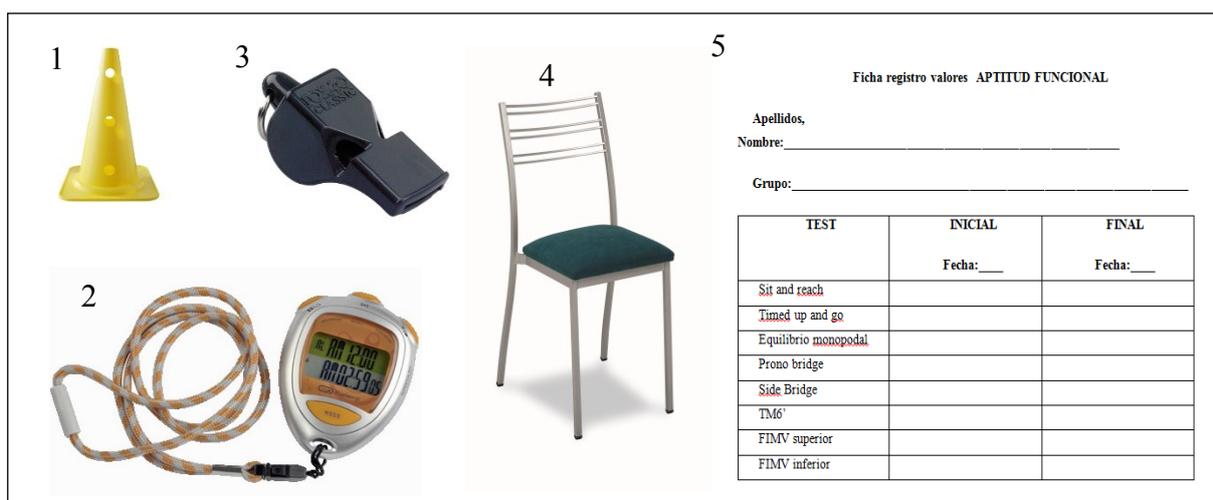


Figura 9. Instrumentos utilizados para la medición de la coordinación general, 1: cono rígido, 2: cronómetro digital *On Start 300*, 3: silbato *Fox Tremblay*, 4: silla, 5: ficha de registro de datos.

2.5.2.4 Capacidad aeróbica (*6 Minutes Walk Test*)

Para la medición de la capacidad aeróbica de los sujetos a través del test de marcha de 6 minutos se empleó un cronómetro digital *On Start 300*, un silbato *Fox Tremblay*, una cinta métrica extensible milimetrada de 5 metros homologada por la conformidad europea (CE) y una ficha de registro de datos.

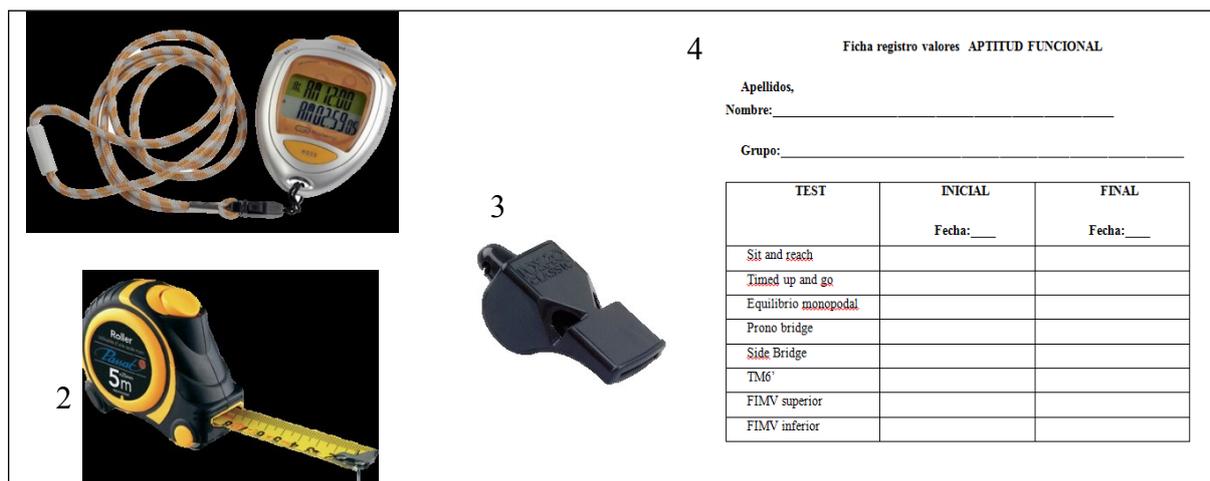


Figura 10. Instrumentos utilizados para la medición de la capacidad aeróbica, 1: cronómetro digital *On Start 300*, 2: cinta métrica extensible milimetrada de 5 metros homologada por la CE, 3: silbato *Fox Tremblay*, 4: ficha de registro de datos.

2.5.2.5 Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria

La capacidad de fuerza fue medida a través de la Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria (FIMV). Esta se midió tanto para miembros inferiores como superiores.

2.5.2.5.1 Miembros inferiores (Test de Sentadilla a un cuarto).

Para la medición de la fuerza de los miembros inferiores a través del test de sentadilla a un cuarto, se empleó un tablón de madera rectangular de 30 cm de ancho, 60 cm de largo y 5 cm de alto, una célula de carga de tracción modelo T20 de AEP, una barra, anclajes, cadenas, el software de registro de señal *Signal Frame-AN* de *Sportmetric* y un ordenador portátil Compaq 6720s. El tablón, la célula de carga, las cadenas, los anclajes y la barra formaban una plataforma.

2.5.2.5.2 Miembros superiores (Test Remo Vertical).

Para la medición de la fuerza de los miembros superiores a través del test de remo vertical, se empleó un tablón de madera rectangular de 30 cm de ancho, 60 cm de largo y 5 cm de alto,

una célula de carga de tracción modelo T20 de AEP, una barra, fijadores de barra, cadenas, el software de registro de señal *Signal Frame-AN* de *Sportmetric* y un ordenador portátil *Compaq 6720s*. El tablón, la célula de carga, las cadenas, los fijadores y la barra formaban una plataforma.

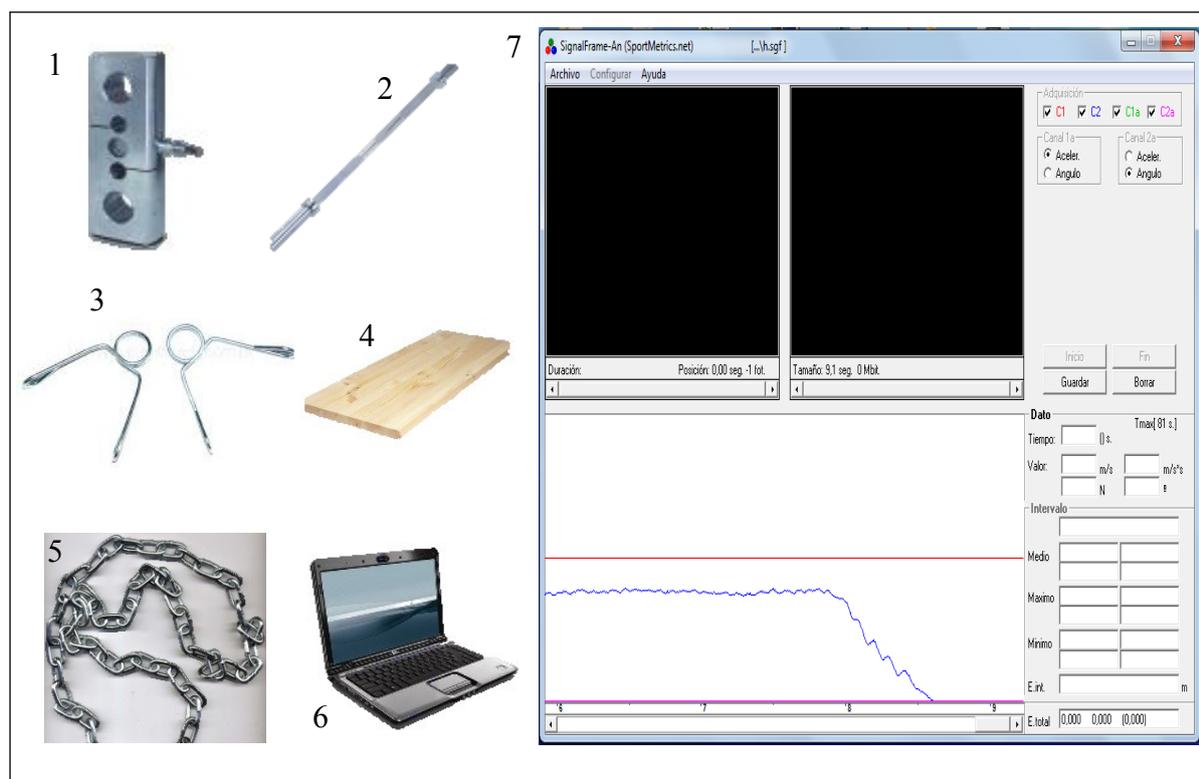


Figura 11. Instrumentos utilizados para la medición de la FIMV tanto de miembros superiores como inferiores, 1: célula de carga de tracción modelo T20 de AEP, 2: barra, 3: fijadores barra, 4: tablón de madera, 5: cadenas de hierro, 6: ordenador portátil *Compaq 6720s*, 7: software de registro de señal *Signal Frame-AN* de *Sportmetric*.

2.5.2.6 Fuerza de la musculatura estabilizadora del tronco

La medición de la fuerza de la musculatura estabilizadora del tronco se realizó a través de dos pruebas:

2.5.2.6.1 Fuerza resistencia abdominal frontal (Prono Bridge Test)

Para la medición de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora frontal a partir del Prono Bridge Test (Test del puente prono) se utilizó un cronómetro digital *On Start 300*, un silbato *Fox Tremblay*, una colchoneta PVC con unas medidas de 200 cm de largo, 100 cm de ancho y 3 cm de altura y una ficha de registro de datos.

2.5.2.6.2 Fuerza resistencia abdominal lateral (Side Bridge Test)

Para la medición de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora lateral a partir del *Side Bridge Test* (Test del puente lateral) se utilizó un cronómetro digital *On Start 300*, un silbato *Fox Tremblay*, una colchoneta PVC con unas medidas de 200 cm de largo, 100cm de ancho y 3 cm de altura y una ficha de registro de datos.

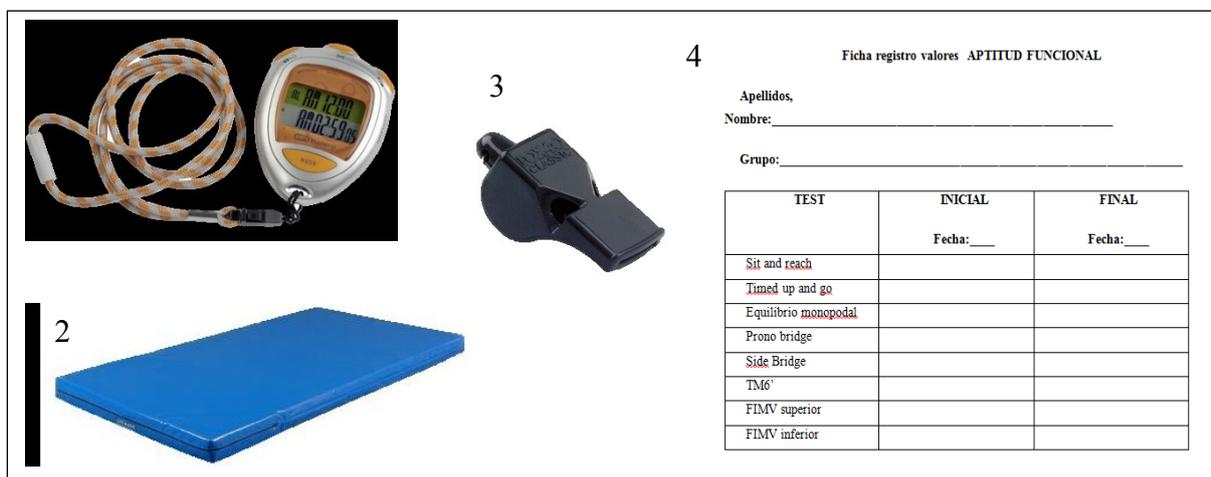


Figura 12. Instrumentos utilizados para la medición de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora del tronco tanto frontal como lateral, 1: cronómetro digital *On Start 300*, 2: colchoneta PVC, 3: silbato *Fox Tremblay*, 4: ficha de registro de datos.

2.5.3 - Medición de los parámetros antropométricos

Las medidas antropométricas que se realizaron fueron la estatura mediante un estadiómetro portátil SECA modelo 217, y el peso, medido mediante la báscula digital Tanita, modelo TBF-300A. Los datos fueron anotados en una ficha de registro de datos.



Figura 13. Instrumentos utilizados para la medición de las medidas antropométricas, 1: báscula digital Tanita modelo TBF-300A, 2: estadiómetro portátil SECA modelo 217, 3: ficha de registro de datos.

Todos los instrumentos empleados para la medición de las variables metabólicas, antropométricas y de aptitud funcional se recogen en el anexo 13.

2.6. Equipamiento utilizado

En el presente estudio se han utilizado diferentes equipamientos deportivos, tanto pesos libres como dispositivos de tubos elásticos, todos ellos fabricados para conseguir, entre otras cosas, las mejoras pretendidas en la población estudiada. A continuación se muestran los dispositivos utilizados y las características de cada uno de ellos:

1- Plataforma *Exercise Station de Thera-Band®* de tubos elásticos.

Plataforma de plástico duro cuyas medidas son 111,76 cm de longitud, 22,86 cm de anchura y 5,08 cm de altura. Tiene un peso de 6,5 Kg por lo que es ligera y su forma permite que sea fácilmente apilable. Esta plataforma consta de un espacio circular en el centro diseñado para albergar *fitball*, *stability trainer* y platos de *Freeman*. También incluye 6 puntos de anclaje para enganchar *thera-band tubing®* en diferentes posiciones según el ejercicio a realizar.

Sus usos clínicos, según fabricante, son:

- Entrenamiento de la fuerza, equilibrio, coordinación, flexibilidad, estiramientos y sistema cardiovascular.
- Uso tanto a nivel deportivo como en terapia de rehabilitación.



Figura 14. Plataforma *Exercise Station de Thera-Band®*

2- *Exercise tubing®* de color verde, rojo y azul.

Tubos elásticos de diferentes colores, longitudes y resistencias, acoplables a la plataforma *Exercise Station de Thera-Band®*. En este caso se han empleado *Exercise Tubing®* de color rojo, verde y azul de dos longitudes. Dos unidades por cada color y longitud. Cada color representa una resistencia. Las características de cada *Exercise Tubing®* empleado son las siguientes:

- *Exercise Tubing®* rojo: longitud de 45,5 y 60,96 cm. Resistencia de base 1,3 Kg al 100% de elongación y 2 Kg al 200% de elongación (resistencia grado medio).
- *Exercise Tubing®* verde: longitud de 45,5 y 60,96 cm. Resistencia de base de 1,7 Kg al 100% de elongación y 2,5 Kg al 200% de elongación (resistencia grado fuerte).
- *Exercise Tubing®* azul: longitud de 45,5 y 60,96 cm. Resistencia de base de 2,1 al 100% de elongación y 3 Kg al 200% de elongación (resistencia grado extra fuerte).



Figura 15. *Exercise Tubing* empleados en el estudio. 1: *Exercise Tubing®* de color rojo (medio), 2: *Exercise Tubing®* de color verde (fuerte), 3: *Exercise Tubing®* de color azul (extrafuerte).

3- Barra Exercise Station®

Barra acolchada de goma cuya longitud es de 91,44 cm. Ésta, anclada a los *Exercise Tubing*® y a la plataforma *Exercise Station de Thera-Band*® servirá para realizar todo tipo de ejercicios.

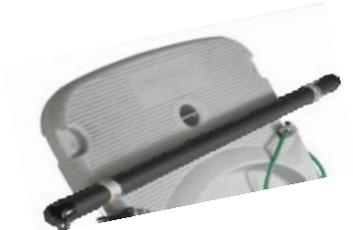


Figura 16. Barra *Exercise Station*®

4- Exercise Ball Yellow Pro Series®

Pelota de plástico de 45 cm de diámetro con líneas longitudinales en toda la superficie de la misma que permiten un mayor agarre.

Sus usos clínicos, según el fabricante, son:

- Ortopedia
- Rehabilitación neurológica
- Fortalecimiento y rehabilitación clínica
- Equilibrio



Figura 17. *Exercise Ball Yellow Pro Series*®

5- Asas Thera-Band®.

Accesorios diseñados especialmente para anclar las cintas y tubos elásticos y de esta manera realizar los ejercicios con seguridad y comodidad. Compuestas por dos cinchas de tela y gomaespuma en el agarre, con aro interior de plástico duro. Se empleó una unidad por cada *Exercise Tubing*®.



Figura 18. Asas *Thera-Band*®.

6- Barra

Barra cromada maciza recta de 140 cm, 2,2 Kg de peso y un diámetro de 25 mm, en la cual se colocarán los discos.



Figura . Barra

7- Discos

Discos de goma Salter con aro interior de goma y con dos agarres para permitir una manipulación sencilla y segura. El diseño integra unos separadores que permiten al usuario poner los dedos por debajo del disco para permitir cogerlos del suelo. El agujero interior es de 25mm. Cada uno de los discos lleva una identificación del peso del mismo. Los discos empleados fueron de 1,25 y 2,5Kg de peso.



Figura 20. Discos *Salter* de 1,25 y 2,5 Kg.

8- Fijadores barra

Pinzas de muelle de cromo *O'LIVE* con terminaciones en plástico para barras de diámetro 25 mm. Aplicadas por pares en la barra para evitar que los discos se desplacen lateralmente sobre la barra y caigan al suelo, evitando así posibles desperfectos en el pavimento y lesiones a los participantes.



Figura 21. Fijadores barra

El conjunto de los dispositivos empleados en el proyecto aparecen recogidos en el anexo 14.

2.7- Procedimientos

Para llevar a cabo el estudio se tomaron una serie de decisiones para la correcta estructuración y desarrollo del mismo. En apartados anteriores se han descrito algunas de ellas, integradas en alguna de las tres fases de las que constó la investigación. Sin embargo, a continuación se detallan con mayor precisión los procesos centrales del estudio, los referentes a la sesiones de familiarización (fase I), registro de parámetros (fase II y III) y programa de entrenamiento (fase II).

2.7.1- Sesión de familiarización

La muestra fue instruida durante la cuarta semana de Octubre en tres sesiones de familiarización. Previo a esto, dicha muestra fue seleccionada a partir de la base de datos proporcionada por el Centro de Salud Familiar Municipal, y a continuación fueron realizadas las reuniones durante la segunda y tercera semana de Octubre del año 2011. En dichas reuniones los sujetos mostraron su conformidad a la participación del estudio a través de la firma del consentimiento informado, y donde además, se llevó a cabo el cumplimiento de una ficha personal así como el análisis del expediente de medicina preventiva.

Se convocó a los sujetos en dos grupos y en días alternos, de acuerdo a la conformación de los grupos experimentales [TE (lunes, miércoles y viernes) y PL (martes, jueves y sábado)] realizada previamente. Las sesiones tuvieron lugar en el gimnasio privado Corpos, de la ciudad de Valdivia (Chile). Las condiciones térmicas de la sala estuvieron en todo momento controladas ($22^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $45\%\pm 4\%$ de humedad). En estas 3 sesiones piloto se les enseñó a realizar correctamente el protocolo de ejercicio diseñado, así como los test funcionales que se les iban a evaluar previo al inicio del programa de intervención. Así

mismo, se integraron periodos de experimentación con la escala OMNI-RES de percepción de esfuerzo percibido para tubos elásticos para familiarizar a la muestra con este método de valoración de la intensidad. Tras la realización de las tres sesiones de familiarización la totalidad de la muestra demostró competencia en la realización de los ejercicios y test funcionales, así como comprensión y asimilación de la percepción del esfuerzo para valorar la intensidad del entrenamiento.

2.7.2- Sesión recogida de datos

Durante la primera semana del mes de Noviembre de 2011, es decir, posterior a las sesiones piloto y previo al inicio del programa de ejercicio físico, las mujeres fueron citadas de acuerdo a la formación de los grupos del estudio, para realizar tanto las mediciones de los parámetros sanguíneos como de las pruebas funcionales y antropométricas. Estas mismas mediciones se llevaron a cabo al finalizar el periodo de intervención para registrar los valores posteriores al entrenamiento, siguiendo los mismos protocolos y requisitos que en los registros anteriores al entrenamiento.

2.7.2.1 Parámetros metabólicos

En la presente investigación, se consideraron una serie de parámetros sanguíneos analizados todos ellos en el laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia (Chile). Dichos parámetros fueron los siguientes:

- Proteína C reactiva (PCR)
- Hemoglobina glicosilada (HbA1c)
- Colesterol: Lipoproteína de baja Densidad (cLDL)
- Colesterol total (CT)

Para el registro de estos parámetros, las mujeres fueron citadas en grupos de cuatro cada cinco minutos, comenzando a las 8:00 de la mañana. Estas tuvieron que asistir en las condiciones establecidas por el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia (anexo 15), para poder llevar a cabo la extracción sanguínea. La muestra sanguínea se obtuvo a través de una punción venosa por personal sanitario acreditado, de acuerdo a los procedimientos establecidos por el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia (anexo 16). De esta manera se obtuvieron los valores pre y post de las variables anteriormente mencionadas. Una vez analizados los resultados a través de una serie de maquinaria especializada (expuesta en el apartado 2.6), los resultados fueron anotados en una ficha de registro de datos.

2.7.2.2 Parámetros Aptitud Funcional

Junto con los parámetros metabólicos, se registraron también un grupo de parámetros asociados a la aptitud funcional, los cuales se midieron en la pista atlética del estadio municipal de la ciudad de Valdivia (Chile). Las mediciones siempre las efectuaron los mismos investigadores, los cuales fueron adiestrados en los procedimientos y además se corroboró la fiabilidad y reproducibilidad de sus mediciones, estando siempre presente el investigador principal durante los registros formales para garantizar este hecho. Dichos parámetros funcionales fueron evaluados a través de una serie de test, todos ellos validados por la comunidad científica y de acuerdo a protocolos estandarizados que fueron seguidos de manera estricta. Para el registro de estos parámetros, las mujeres fueron citadas a las 16:00 de la tarde y en días alternos (Grupo experimental TE: lunes y miércoles; Grupo experimental PL: martes y jueves; Grupo control: viernes y domingo).

Los parámetros de aptitud funcional y los test empleados fueron los siguientes:

1. Flexibilidad: *Sit and Reach* Test.
2. Equilibrio estático: Test de equilibrio monopodal, pierna dominante.
3. Coordinación general: *Timed Up and Go* Test 3m.
4. Capacidad aeróbica: Test de marcha 6 minutos (TM6').
5. Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria de las extremidades inferiores: Test de sentadilla a un cuarto.
6. Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria de las extremidades superiores: Test de remo vertical.
7. Fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora frontal del tronco: *Prono Bridge* Test.
8. Fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora lateral del tronco: *Side Bridge* Test.

El primer día de evaluación se realizaron los test más pasivos (Sentarse y alcanzar, equilibrio monopodal pierna dominante, y levantarse e ir) dejando para el final de esta primera sesión la evaluación de la capacidad aeróbica. Así pues, en el segundo día de medición se evaluó la capacidad de la fuerza, tanto de miembros inferiores como de superiores y tronco, comenzando por el test de media sentadilla, continuando por el test de remo vertical y finalizando con el test de puente prono y lateral.

Previo a la realización de los test, en ambos días los sujetos realizaron un calentamiento protocolizado de 10 minutos con el objetivo de preparar tanto fisiológicamente como musculoesqueléticamente al organismo de cara a la realización de los test. Este calentamiento estandarizado incluyó un trote suave durante los primeros 5 minutos, seguido de ejercicios de movilidad articular de miembros superiores, inferiores y tronco durante los

dos siguientes minutos, finalizando con estiramientos pasivos tanto de extremidades superiores como inferiores y tronco durante los últimos tres minutos (anexo 17).

A continuación se detallan los parámetros funcionales evaluados y los test llevados a cabo según el orden de realización.

1- Valoración de la flexibilidad: *Sit and Reach* Test

Objetivo: El *Sit and Reach* se trata de un test lineal que mide el grado de flexibilidad tanto isquiosural como del tronco (erectores espinales). Se ha demostrado su validez en adultos sedentarios (Hoeger & Hopkins, 1992; Lemmink, Kemper, Greef, Rispen, & Stevens, 2003).

Desarrollo: Sujeto situado en sedestación con las rodillas completamente extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas. Las plantas de los pies colocadas de forma perpendicular al suelo, en contacto con el cajón de medición y las puntas de los pies dirigidas hacia arriba (90°C de flexión dorsal). Cabeza y tronco erguido (figura 22). En la medición de la distancia alcanzada en este test, el valor 0 cm corresponde a la tangente de las plantas de los pies del participante, siendo positivos los valores cuando las falanges distales de las manos superaran la tangente, y negativos cuando no la alcanzan.

Una vez el sujeto se encuentra en esta posición, se les dan las siguientes instrucciones verbales:

“Con una mano sobre la otra, las palmas de las manos hacia abajo, con los dedos y los codos estirados, y manteniendo las rodillas estiradas en todo momento, flexiona lentamente el tronco tanto como puedas, alcanzando la regla milimetrada con las puntas de los dedos de las manos hasta alcanzar la máxima distancia posible, y mantén la posición durante 3 segundos”.

Normas: Las extremidades inferiores deben flexionarse. La prueba se realiza sin calzado. La marca registrada será la alcanzada con el dedo medio de las dos manos de forma

simultánea y simétrica, por lo que las manos deben de permanecer juntas en el momento de la realización del test. Se realizarán tres intentos y se anota el mejor.



Figura 22. Realización del test *Sit and Reach* para valorar la flexibilidad tanto isquiosural como del tronco.

2- Valoración del equilibrio estático: Test de equilibrio monopodal, pierna dominante

Objetivo: Valora el equilibrio estático de la pierna dominante del sujeto (López, 2002).

Desarrollo: El sujeto se sitúa de pie sobre una superficie plana, con una sola pierna apoyada en el suelo, mientras la otra se sitúa en el aire, a la altura del tobillo, sin tocar la superficie (figura 23). Los ojos se mantienen abiertos durante todo el test y las manos se sitúan en cruz (abducción de brazos de 90°C). Se contabilizará durante un minuto las veces que el sujeto toca el suelo.

Normas: El sujeto no debe apoyarse en elementos o compañeros. Si el sujeto pierde el equilibrio y toca el suelo, se contabilizara como falta, sin embargo, este puede continuar hasta completar el minuto. Al final del test, se realiza un recuento del número de faltas.



Figura 23. Realización del test de equilibrio monopodal sobre pierna dominante para valorar el equilibrio estático.

3- Valoración de la coordinación general: *Timed Up and Go Test 3m*

Objetivo: Se trata de un test validado para medir la coordinación general del sujeto a través de la marcha y el equilibrio (Bischoff et al., 2003; Podsiadlo & Richardson, 1991; Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000; Wall, Bell, Campbell, & Davis, 2000).

Desarrollo: El sujeto permanece sentado en una silla, con la espalda apoyada en el respaldo, los brazos descansando sobre los muslos y los pies tocando el suelo.

A la orden de ``preparados, listos, ya`` el sujeto debe de levantarse de la silla y caminar lo más rápido que pueda, sin llegar nunca a correr, hacia un cono situado a 3 metros frente a la silla. Una vez llegado al cono deberá voltearlo y regresar a la silla (figura 24). La prueba finalizará cuando la espalda esté completamente apoyada en el respaldo. Se cronometrará el tiempo transcurrido desde que el sujeto se levanta de la silla hasta que la espalda toca el respaldo de la silla. Este proceso se llevará a cabo 3 veces, anotando únicamente el mejor de los tres intentos.

Normas: El sujeto antes de iniciar el test debe estar sentado con espalda apoyada en el respaldo y solo debe ponerse de pie a la señal del evaluador. El sujeto debe de realizar la prueba con calzado cómodo y no puede ser asistido por otra persona. No hay tiempo límite para realizar el test. Pueden parar y descansar si es necesario, pero nunca sentarse. El tiempo obtenido se interpreta de la siguiente manera (Podsiadlo & Richardson, 1991):

- ≤ 10 segundos = normal.
- ≤ 20 segundos = buena coordinación, puede caminar si ayuda externa.
- ≤ 30 segundos = mala coordinación, requiere de ayuda externa para caminar.



Figura 24. Realización del test *Timed up and Go* 3m para valorar la coordinación general a través de la marcha y el equilibrio.

4- Valoración de la capacidad aeróbica: Test de marcha de 6 minutos

Objetivo: El test de marcha de 6 minutos ha demostrado ser una herramienta muy útil en la evaluación objetiva de la capacidad aeróbica de las personas (Casanova et al., 2011; Crapo et al., 2002; Enright, 2003).

Desarrollo: El sujeto debe caminar a la máxima velocidad, sin llegar a trotar o correr, la máxima distancia posible en un tiempo de 6 minutos. El test se llevará a cabo en un espacio abierto, de superficie plana y dura, rectangular. El pasillo o zona a recorrer tendrá una longitud de 30 metros (15 metros de ida y 15 de vuelta). Los extremos del pasillo deben de estar señalizados con conos de colores indicando así el punto de giro (figura 25).

Normas: El test comenzará cuando el evaluador de la señal, con el sujeto en uno de los extremos del pasillo, y finalizará pasados los 6 minutos. El sujeto debe caminar lo más rápido posible a un ritmo sostenido, registrándose al finalizar la distancia recorrida y las pulsaciones alcanzadas. Si el sujeto en algún momento de la prueba manifiesta síntomas de agotamiento, puede disminuir el ritmo o simplemente, detenerse. El sujeto deberá de llevar ropa cómoda y calzado apropiado para caminar. Se estimulará verbalmente al sujeto cada minuto para que continúe caminando (anexo 18).



Figura 25. Realización del test de marcha de 6 minutos para valorar la capacidad aeróbica.

5- Valoración de la FIMV de tren inferior: Test de Sentadilla a un cuarto

Objetivo: El test de media sentadilla mide la FIMV de los miembros inferiores a través de la utilización de una célula de carga, que cuantifica en Newton la fuerza ejercida por el sujeto (Dugan, La Doyle, Humphries, Hasson, & Newton, 2004; Naclerio, 2005).

Desarrollo: El sujeto situado sobre una plataforma con los pies paralelos y a la anchura de los hombros, mirando hacia el frente, realiza una sentadilla hasta alcanzar los 45° de flexión de rodilla controlada con goniometría. Sobre los hombros del sujeto se sitúa una barra que irá unida a la una célula de carga a través de unas cadenas (figura 26). Una vez el sujeto ha descendido hasta los 45° de flexión de rodilla y tiene colocadas sus manos sobre la barra, afirmándola, se le pide que realice con una extensión máxima de cuádriceps mantenida durante 5 segundos.

Normas: El sujeto no debe moverse de su eje sobre la plataforma, no puede inclinarse hacia adelante o atrás, debe de tener la espalda alineada, manteniendo las curvaturas fisiológicas y las rodillas sin sobrepasar las puntas de los pies.



Figura 26. Realización del test de un cuarto sentadilla para valorar la FIMV de los miembros inferiores.

6- Valoración de la FIMV de tren superior: Test de la Remo Vertical

Objetivo: El test de Remo Vertical mide la FIMV de los miembros superiores a través de la utilización de una célula de carga, que cuantifica en Newton la fuerza ejercida por el sujeto (Shephard, 1998; Smith & Loschner, 2002).

Desarrollo: El sujeto situado sobre una plataforma, con pies paralelos y a la anchura de los hombros, mirando hacia el frente, realiza una flexión de codo de 90° con rotación interna y ligera abducción de hombro, colocando la barra, que se haya unida a la célula de carga, frente al apéndice xifoides aproximadamente y control goniométrico de los ángulos articulares (figura 27). Con las manos afirmando la barra a la anchura de los hombros, el sujeto debe realizar una tracción máxima mantenida durante 5 segundos de la barra, llevando esta en dirección al cielo.

Normas: El sujeto no debe moverse de su eje sobre la plataforma, no puede inclinarse hacia adelante o atrás. Debe de mantener una espalda alineada, manteniendo las curvaturas fisiológicas.



Figura 27. Realización del test de remo vertical para valorar la FIMV de los miembros superiores.

7- Valoración de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora frontal del tronco: *Prono Bridge Test*

Objetivo: Este test isométrico sirva para valorar fundamentalmente la fuerza resistencia muscular anterior y posterior del tronco (Bliss & Teeple, 2005).

Desarrollo: Consiste en mantener el peso corporal del sujeto exclusivamente sobre los antebrazos/codos y los dedos de los pies en una posición de decúbito prono, manteniendo en todo momento una alineación lumbo-pélvica neutra. Los brazos deben estar perpendiculares al suelo y formando un ángulo de 90° con los antebrazos. Los codos y antebrazos separados a la anchura de los hombros (figura 28). A la voz de ``preparados, listos, ya'' el sujeto deberá adoptar la posición descrita contabilizándose el tiempo que es capaz de mantener dicha posición.

Normas: El cuerpo debe mantenerse en línea con la pelvis neutra y con máxima tensión muscular, hasta no tolerar la posición. La conclusión del test sucede cuando el sujeto pierde el posicionamiento neutro de la pelvis y ésta cae hacia el suelo, adquiriéndose una hiperlordosis lumbar por rotación anterior de la pelvis. Bliss & Teeple (2005) sugieren que el tiempo que deberían soportar los sujetos evaluados debería ser de al menos 60 segundos.



Figura 28. Realización del test del puente prono para valorar la fuerza resistencia de la musculatura anterior y posterior del tronco.

8- Valoración de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora lateral del tronco: *Side Bridge Test*

Objetivo: Este test isométrico sirva para valorar la fuerza resistencia de la musculatura lateral del core, básicamente el cuadrado lumbar y la musculatura oblicua interna y externa (Axler & McGill, 1997; Lehman, Hoda, & Oliver, 2005; McGill, 1998).

Desarrollo: El sujeto se coloca en decúbito lateral de su lado dominante, apoyando el peso corporal sobre uno de los codos y sobre la extremidad inferior del mismo lado, quedando así la pelvis suspendida. La extremidad inferior que no está en contacto con el suelo queda apoyada sobre la otra extremidad inferior, y ambas totalmente flexionadas (flexión de cadera de 45° y flexión de rodilla de 90°). El brazo contrario al que se apoya en el suelo queda flexionado situándolo en jarra en el lateral del tronco, contactando la mano a nivel de la cresta iliaca antero superior (figura 29). El sujeto debe mantener la posición y el raquis en perfecta alineación lumbo-pélvica. A la voz de ``preparados, listos, ya'' el sujeto deberá adoptar la posición descrita contabilizándose el tiempo que es capaz de mantener dicha posición.

Normas: El cuerpo debe mantenerse en línea con la pelvis neutra y con máxima tensión muscular, hasta no tolerar la posición. El test concluye cuando el sujeto no sea capaz de mantener la postura y la cadera caiga hacia el suelo.



Figura 29. Realización del test de puente lateral para valorar la fuerza resistencia de la musculatura lateral del tronco.

C) - *Parámetros antropométricos*

Antes de comenzar con los test de aptitud funcional realizados el primer día, los sujetos son sometidos a la realización de tres medidas antropométricas:

- Medición de la talla
- Cálculo del peso
- Cálculo del porcentaje graso

1- **Medición de la talla**

La medición de la estatura se obtuvo con el sujeto descalzo, manteniendo el mentón retraído y el vértex en posición horizontal, respetando el plano de Frankfort. Antes de comenzar con los test de aptitud funcional realizados el primer día, los sujetos son sometidos a la realización de tres medidas antropométricas (Guillén del Castillo & Linares, 2002). Para cumplir con dicha premisa, el investigador manipuló la cabeza del participante colocando ambos talones de la mano a ambos lados de la mandíbula y los dedos movilizándolo desde la base occipital.

2- **Medición del peso**

El peso se midió situando al sujeto descalzo y quieto sobre la báscula de bioimpedancia Tanita modelo TBF-300A, de modo que la superficie completa de los pies estuviera apoyada.

3- **Cálculo del porcentaje graso**

El porcentaje graso de las participantes se obtuvo después de introducir en el software de la Tanita los datos de la talla, la edad, el sexo y el peso una vez estaban descalzos y quietas encima de la báscula.

Se siguieron las recomendaciones de la *International Society for the Advancement in Kinanthropometry* (ISAK), entre las que destacan (Stewart & Sutton, 2012):

- No tomar líquidos 4 horas antes de la prueba.
- No consumir alcohol 24 horas antes de su realización.
- No realizar ejercicio físico, tomar cafeína o alimentos cuatro horas antes de la prueba.
- Orinar 30 minutos antes de la valoración.

2.7.3- Programa de entrenamiento

Basándose en estudios previos (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009; Colado et al., 2010; Colado et al., 2012) se diseñó un programa de entrenamiento estándar que fue aplicado a ambos grupos experimentales (TE y PL) y que por las evidencias científicas que generó permitió la comparación de los efectos entre ambos grupos (anexo 19).

La duración del período de intervención fue de 12 semanas (de noviembre de 2011 hasta enero de 2012), de manera similar a estudios previos (Colado et al., 2010; Colado et al., 2012; Colado & Triplett, 2008). El método de entrenamiento que se empleó fue en circuito, con un total de 10 ejercicios de carácter específico para tren superior e inferior, realizándolos cada grupo con los dispositivos de entrenamiento correspondientes (anexo 20).

Dicho programa de entrenamiento se llevó a cabo en el gimnasio privado Corpos, trabajando ambos grupos experimentales en el mismo horario y los mismos días, pero en salas diferentes.

El programa de intervención tuvo una característica progresiva en cuanto volumen e intensidad para conseguir los objetivos propuestos. Así pues, durante los dos primeros meses, el objetivo principal fue el desarrollo de la fuerza resistencia, mientras que en el tercer mes se centró en el desarrollo de la hipertrofia. Si nos concentramos en la progresión del volumen para alcanzar dichos objetivos, durante los dos primeros meses se trabajó 3 veces por semana: lunes, miércoles y viernes entre las 17:00 y las 18:30 horas; mientras que en el tercer mes se agregó un cuarto día, correspondiente al sábado, siendo el horario el mismo. Siguiendo en las variables de volumen, durante el primer mes los sujetos realizaron 3 vueltas al circuito, mientras que en el segundo y tercer mes se aumentaron a 4. En cuanto al número de repeticiones, los sujetos ejecutaron 15 repeticiones por ejercicio durante los dos primeros meses, disminuyendo esta cifra a 10 en el tercer mes.

Centrándonos en la intensidad del programa, esta fue aumentando progresivamente mes a mes. Los sujetos durante el primer mes tuvieron que alcanzar un valor 7 en la escala OMNI-RES de esfuerzo percibido para tubos elásticos (Colado et al., 2012). En el segundo mes se ascendió este valor a 8, finalizando en el tercer mes con un valor de 9. En cuanto a los *Exercise Tubing*® empleados, durante el primer mes se utilizaron los de color rojo (resistencia media), mientras que en el segundo y tercer mes se trabajó con los de color verde (resistencia fuerte) y azul (resistencia extrafuerte), aumentando así la intensidad de los ejercicios. No obstante siempre fueron adicionados tantos tubos elásticos como fuera necesario para ajustar la resistencia al número de repeticiones diana y percepción del esfuerzo definida, tal y como fue empleado previamente con este tipo de dispositivo (Colado et al., 2010). En este sentido el grupo PL también empleó la adición de discos de 1,25 o 2,5Kg de peso para ajustar la percepción del esfuerzo predeterminada al número de repeticiones diana, según estudios previos con dispositivos tradicionales de peso (Colado & triplett, 2008; Colado et al., 2010; Colado et al., 2012).

Los *Exercise Tubing*® fueron elegidos en función de la talla del sujeto. En este sentido, puesto que no hubo una gran variedad de estatura, ya que todas las mujeres promediaron los 155 cm, se utilizaron básicamente dos longitudes dependiendo del ejercicio. Así pues, las longitudes empleadas para cada uno de los ejercicios fueron las siguientes:

Tabla 9
Longitud de los Exercise Tubing empleada en función del ejercicio

<i>Exercise Tubing</i> ® de longitud media (45,5cm)	<i>Exercise Tubing</i> ® de longitud larga (60,96cm)
Press banca	Media sentadilla
Press francés	Press militar
	Remo inclinado
	Remo vertical
	Curl bíceps
	Tijera lateral
	Tijera frontal
	Pájaro

Respecto a la pausa entre ejercicios (micropausa) fue siempre de característica activa, de 30 segundos, realizando un pequeño trote en el sitio así como movilidad articular suave para las extremidades superiores. En cuanto al descanso entre vueltas al circuito, (macropausa) se mantuvo también durante todo el periodo de intervención, siendo esta de característica pasiva de 1 minuto.

Todos los sujetos fueron supervisados por estudiantes entrenados y cualificados del último año de carrera de Educación Física de la Universidad Austral de Chile, como también, por el dueño del gimnasio y el presente investigador. Esto significó que el estudio fuera altamente supervisado, lo que garantizó la motivación de los sujetos de estudio. Los monitores que condujeron cada sesión de entrenamiento fueron un total de 10: cuatro

alumnos voluntarios con cada grupo experimental, junto con el investigador principal y el dueño del gimnasio que iban alternando la supervisión entre los grupos.

Previo a la aplicación del programa, se realizó, por parte de los instructores, un ensayo que incorporó la totalidad de los ejercicios y circuitos para asegurar, de este modo, un correcto entendimiento de la ejecución de los mismos y del desarrollo del plan de trabajo.

También se diseñó un calentamiento tipo (ver anexo 17), anteriormente mencionado, común para ambos grupos, el cual tuvo una duración máxima de 10 minutos e incluyó un ligero trote, ejercicios de movilidad articular y estiramientos. Siempre se realizó igual para ambos grupos y además se aplicó con una intensidad y duración muy leve para que no supusiera un estímulo de mejora que pudiera contaminar la medición de las variables del presente estudio.

Al igual que en estudios previos (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009; Colado et al., 2010; Colado et al., 2012), se aseguró que el programa de entrenamiento fuera similar para ambos grupos experimentales en cuanto a sollicitación, esfuerzo muscular y metodología, considerando así, el tipo, la cantidad de ejercicios y la forma de aplicación, teniendo en cuenta que los dispositivos de entrenamiento eran los únicos diferentes.

Finalmente, los dispositivos utilizados fueron:

- Grupo experimental TE: estación de ejercicios *Exercise Station de Thera-band®* conformado por plataforma, *Exercise Tubing®* de 3 intensidades (rojo, verde y azul), barra *Exercise Station®*, asas *Thera-Band®*, *exercise Ball Yellow Pro Series®*.
- Grupo experimental PL: barra, anclajes y discos de diferentes pesos.

2.8- Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) con la licencia de la Universidad de Valencia (anexo 21).

Se confirmó la normalidad de las variables a través de la prueba de normalidad Kolmogorov–Smirnov (K-S normality test), así como la homocedasticidad a través del test de Levene.

Se emplearon métodos estadísticos estándar para la obtención de las medidas de tendencia central y la desviación típica como medida de dispersión.

Para dilucidar si los distintitos materiales podían provocar adaptaciones metabólicas y funcionales diferentes tras el seguimiento de un mismo protocolo de ejercicio durante 12 semanas de entrenamiento, se aplicó un análisis multivariante con un factor, siendo éste el grupo de pertenencia, cuando fueron encontradas diferencias significativas sobre algunas de las variables dependientes se aplicó un análisis post hoc de Bonferroni para determinar entre que grupo o grupos se dio esta diferencia significativa. Además para establecer si entre el inicio y final del protocolo de entrenamiento se produjo alguna influencia sobre las variables dependientes a nivel intragrupo se aplicó una prueba T de Student para medidas repetidas.

Para la totalidad de los análisis realizados, se aceptó un nivel de significación de (p) menor a 0,05.

3- RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL

3.1- Resultados descriptivos de los parámetros metabólicos

Para una mejor exposición de los resultados obtenidos, estos han sido englobados en cuatro subapartados, correspondientes, cada una de ellos, a los parámetros metabólicos estudiados en la presente investigación.

3.1.1- Resultados obtenidos en Proteína C Reactiva

Los resultados obtenidos se indican a continuación, tomando como valor óptimo para la PCR el estipulado por la AHA (Sabatine et al., 2007), siendo éste <1 mg/L.

Destaca que tanto en el grupo experimental TE como en el de PL, los valores finales de PRC disminuyeron -33,96% en TE y - 22,98% en PL, siendo la reducción del grupo TE mayor que la del grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Además, este descenso en el valor post intervención en el grupo TE fue estadísticamente significativo respecto a los valores pre test intra-grupo ($p < 0,05$), disminuyendo de 0,43 de valor pre test a los 0,28 de valor post test. Además, esta reducción del grupo TE fue estadísticamente significativa respecto al grupo control ($p < 0,05$). Por su parte, el grupo PL obtuvo una diferencia estadísticamente significativa respecto al grupo control, sin embargo, la reducción conseguida intra-grupo no fue significativa. En cuanto al GC, al contrario que ambos grupos experimentales, aumentaron de manera no significativa sus valores de PRC un 9,41%.

No obstante, los 3 grupos (TE, PL y GC), presentan valores óptimos respecto de este parámetro (<1 mg/L), confirmándose que en este parámetro era una muestra de bajo riesgo cardiovascular.

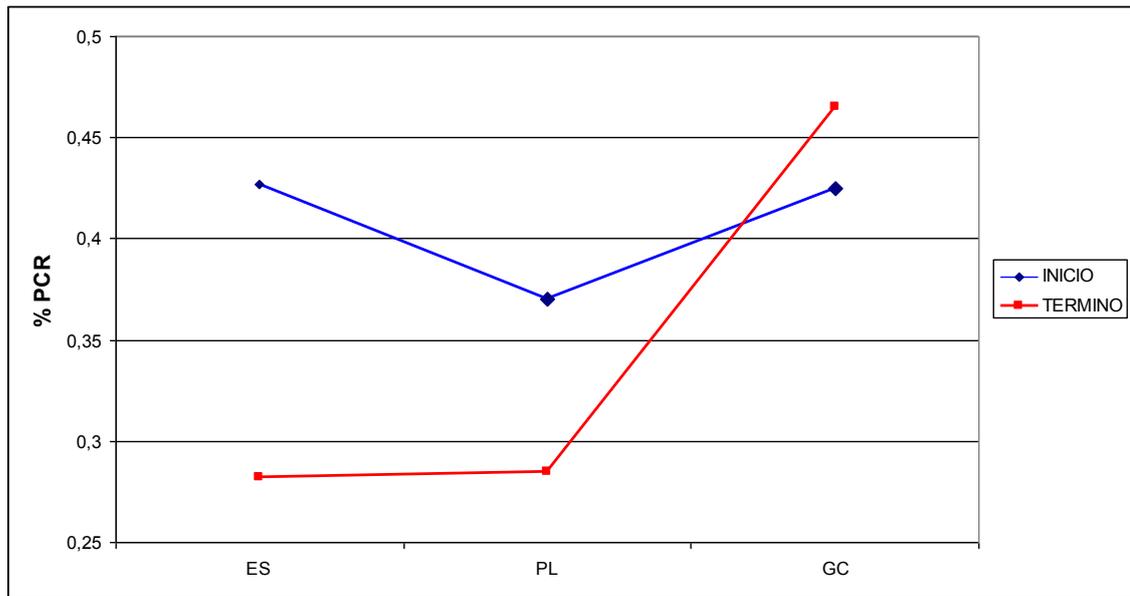


Figura 30. Valores pre y post test de la PCR obtenidos en los tres grupos de estudio. ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.1.2- Resultados obtenidos en Hemoglobina Glicosilada

Los resultados obtenidos se muestran en las líneas siguientes, tomando como valor óptimo para la HbA1c el estipulado por la AACE (Rodbard et al., 2009), siendo éste <6,5 mg/L.

Tanto en el grupo experimental TE como en el de PL hubo una disminución de este parámetro, -6,74% y -3,03% respectivamente, siendo la reducción del grupo TE más del doble que la del grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. La disminución del grupo TE y la del PL fueron estadísticamente significativas respecto a los valores pre test intra-grupo ($p < 0,05$), disminuyendo en el grupo TE de 5,80 en el valor pre test a los 5,41 de valor post test, mientras que en grupo PL la reducción pasó del 5,38 de valor pre test a los 5,22 de valor post test. En este caso, ninguno de los dos grupos intervenidos obtuvo diferencia significativa con el GC. Por su parte, el GC aumentó significativamente

sus valores de HbA1c (+3,49), situándose en valores cercanos al límite del valor óptimo de HbA1c.

No obstante, los 3 grupos (TE, PL y GC), presentan valores óptimos respecto de este parámetro (<6,5 mg/L), siendo el GC en que presenta los valores más elevados. También se confirma en este parámetro el que la muestra poseía bajo riesgo cardiovascular.

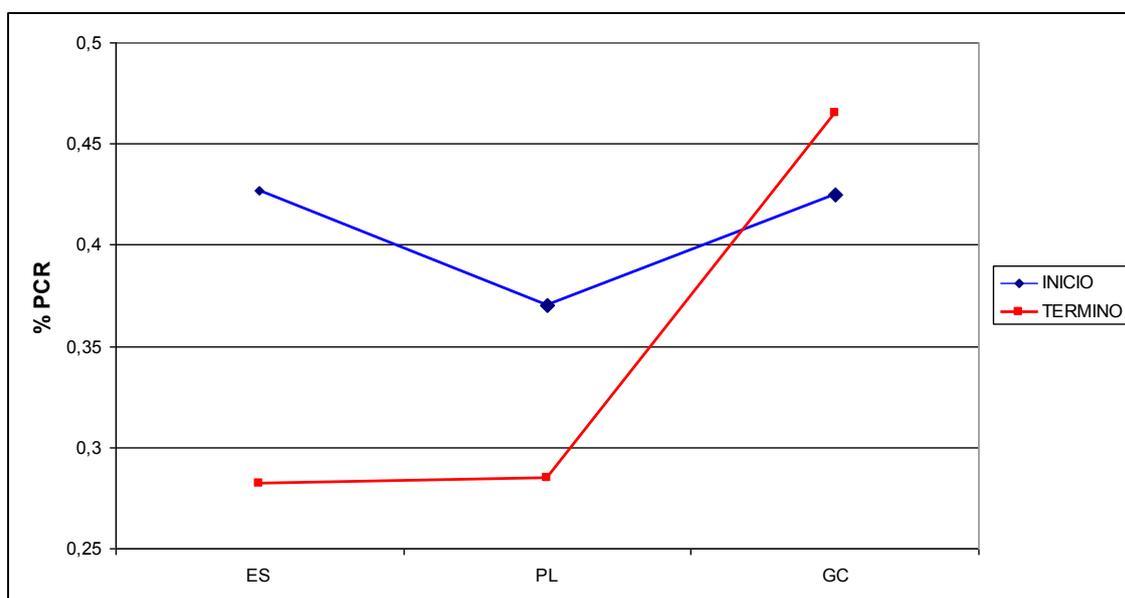


Figura 31. Valores pre y post test de la HbA1c obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.
ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.1.3- Resultados obtenidos en el Colesterol: Lipoproteína de baja densidad

Los resultados surgidos son los que siguen a continuación, tomándose como valor óptimo para el cLDL el estipulado por la OMS (Alberti & Zimmet, 1998a), los ATP-III NCEP (Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001), y la IDF (Saely et al., 2006), siendo éste <150mg/dL.

En ambos grupos experimentales, TE y PL, los valores finales de cLDL disminuyeron, -9,9% en TE y -1,09% en PL, siendo la reducción del grupo TE hasta 8 veces mayor que la obtenida en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Además, el descenso en el valor post intervención del grupo TE fue estadísticamente significativo respecto a los valores pre test intra-grupo ($p < 0,05$), disminuyendo de 142,36 de valor pre test a los 128,27 de valor post test. No fue así en el grupo PL donde la disminución de los valores de c-LDL no fue significativa. En este caso ninguno de los dos grupos experimentales obtuvo diferencia estadísticamente significativa con el GC. Éste, por su parte, mostró un aumento no significativo de sus valores de c-LDL al finalizar el programa (+0,96%).

No obstante, los 3 grupos (TE, PL y GC), presentan valores óptimos respecto de este parámetro (< 150 mg/dL), siendo el GC en el que presenta los valores más elevados. También se confirma que, en este parámetro, la muestra tenía bajo riesgo cardiovascular.

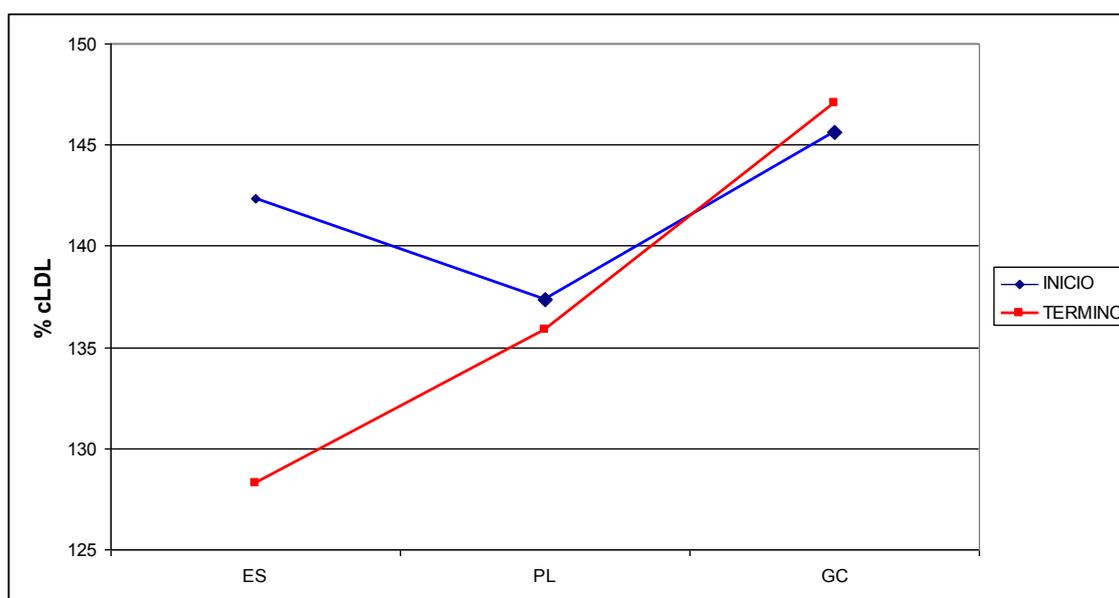


Figura 32. Valores pre y post test del c-LDL obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.1.4 – Resultados obtenidos en el Colesterol Total

Al considerar como valor óptimo para el CT el estipulado por la OMS (Kelley & Kelley, 2009), siendo este <200mg/dL, los resultados surgidos se concretan seguidamente.

Se observa que hubo una disminución favorable post intervención en ambos grupos experimentales, - 4,61% en BE y -2,49% en PL. Destaca principalmente que la reducción del grupo TE fue mayor respecto a la conseguida por el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Sin embargo, ninguna de las dos disminuciones fue estadísticamente significativas respecto a los valores pre test intra-grupo. Tampoco se obtuvieron diferencias significativas respecto al GC. Este último mostró un aumento no significativo de sus valores de CT al finalizar el programa (+0,78%).

No obstante, en este caso, los 3 grupos estudiados (TE, PL y GC) presentaron valores alterados respecto de este parámetro (>200 mg/dL) al finalizar el programa de intervención, siendo el GC en que presentó los valores más elevados.

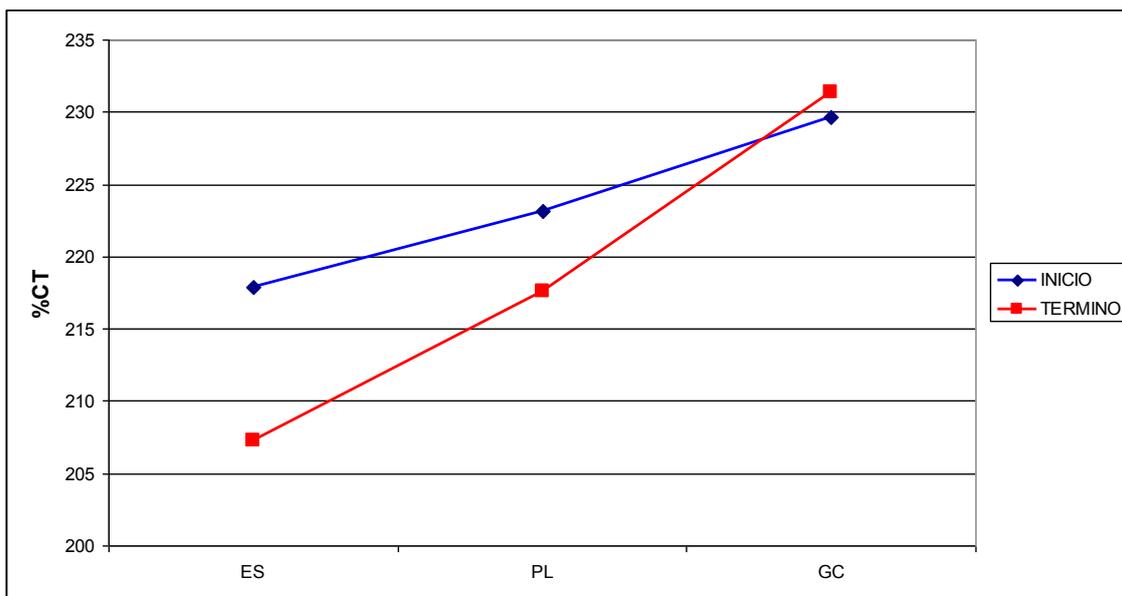


Figura 33. Valores pre y post test del CT obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

En la tabla 10 se muestran los datos correspondientes a la media y la desviación típica de los valores pre y post intervención respecto a los cuatro parámetros metabólicos estudiados en el presente proyecto.

RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL:
Resultados descriptivos de los parámetros metabólicos

Tabla 10.

Resultados pre y post intervención de los parámetros metabólicos estudiados, reflejados a través de la media y la desviación estándar.

	Proteína C reactiva mg/L	$\Delta\%$	Hemoglobina glicosilada mg/L	$\Delta\%$	LDL-c mg/dL	$\Delta\%$	Colesterol Total mg/dL	$\Delta\%$
	Media(\pm DE)		Media(\pm DE)		Media(\pm DE)		Media(\pm DE)	
Exercise St. (n=22)								
<i>Inicial</i>	0,427 (0,342)		5,800 (1,049)		142,36 (31,535)		217,91 (39,692)	
<i>final</i>	0,282† (0,244)	-33,96*	5,409 (0,787)	-6,74*	128,27 (24,212)	-9,9*	207,23 (25,877)	-4,61
Peso libre (n=20)								
<i>Inicial</i>	0,370 (0,215)		5,379 (0,319)		137,35 (40,069)		223,10 (35,325)	
<i>final</i>	0,285† (0,413)	-22,98	5,216 (0,302)	-3,03*	135,85 (33,442)	-1,09	217,55 (35,165)	-2,49
Grupo Control (n=20)								
<i>Inicial</i>	0,425 (0,380)		6,015 (1,660)		145,65 (48,803)		229,60 (59,597)	
<i>final</i>	0,465 (0,481)	+9,41	6,225 (1,593)	+3,49*	147,05 (48,730)	+0,96	231,40 (52,439)	+0,78

DE: Desviación estándar. $\Delta\%$: porcentaje de diferencia.

†Diferencia estadísticamente significativa respecto grupo control ($p < 0,05$).

*Diferencia estadísticamente significativa intra-grupo entre pre y post-test ($p < 0,05$).

3.2- Resultados descriptivos de los parámetros de Aptitud Funcional

Para una mejor exposición de los resultados obtenidos, estos han sido englobados en seis subapartados, correspondientes, cada una de ellos, a los parámetros de aptitud funcional estudiados en la presente investigación.

3.2.1- Resultados obtenidos en la Flexibilidad

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test funcional “Sentarse y Alcanzar” activo se observa que, en ambos grupos experimentales, la flexibilidad aumentó al término de la intervención de manera estadísticamente significativa, siendo esta mejora del +26,27% en el grupo TE y +24,01% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. El aumento producido en el grupo TE se corresponde con un incremento de 6,09 cm (de 23,18 cm a 29,17 cm), mientras que el producido en el grupo PL se corresponde con un incremento de 6,40 cm (de 26,65 cm a 33,05 cm). No se produjeron diferencias significativas en ninguno de los dos grupos experimentales respecto al GC. Éste, por su parte, obtuvo un aumento estadísticamente no significativo del 2,27%, aumentando únicamente 0,75 cm (de 27,20 cm a 27,95 cm).

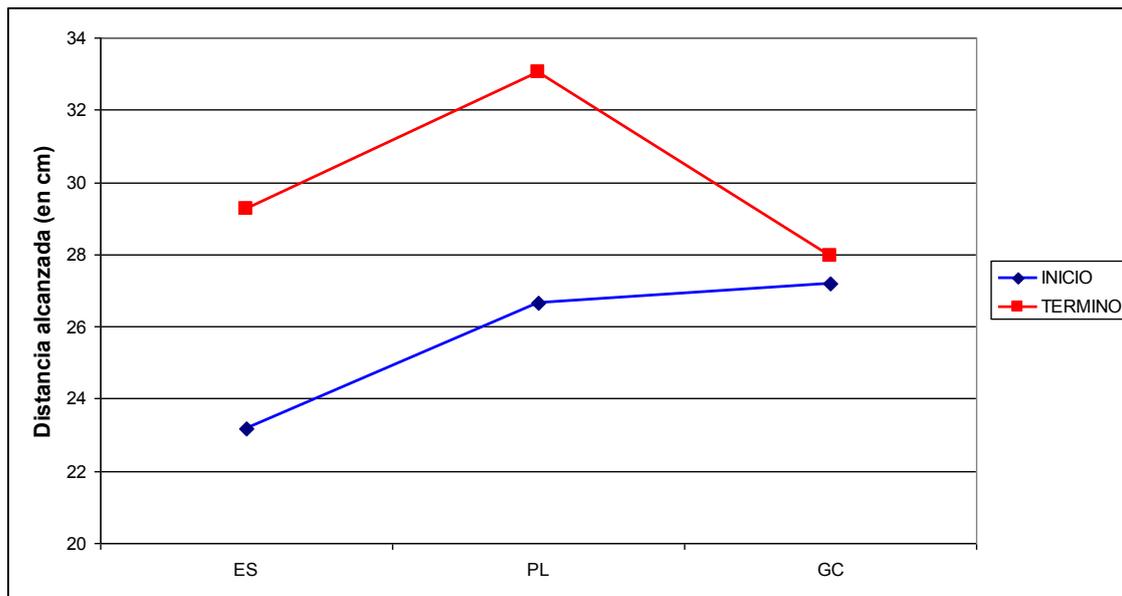


Figura 34. Valores pre y post intervención del test Seat and Reach activo obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo Peso Libre; GC= Grupo Control.

3.2.2- Resultados obtenidos en el Equilibrio

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test de equilibrio monopodal en pierna dominante se observa que, en ambos grupos experimentales, hubo una disminución favorable significativamente estadística en los apoyos durante el minuto que duró la prueba, siendo esta mejora del -69,51% en el grupo TE y del -65,39% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. El grupo TE pasó de 2,23 apoyos al inicio del programa a 0,68 apoyos al término de la intervención. Por su parte, la mejora del grupo PL se tradujo en el paso de 1,3 apoyos al inicio del programa a 0,45 apoyos al término del mismo. Además, el grupo PL obtuvo diferencia significativa respecto al GC, no siendo así el grupo TE. Respecto al GC, obtuvo un aumento estadísticamente no significativo en los apoyos correspondiente al 15,09%, pasando así de 2,65 apoyos al inicio del programa a 3,05 apoyos al finalizarlo.

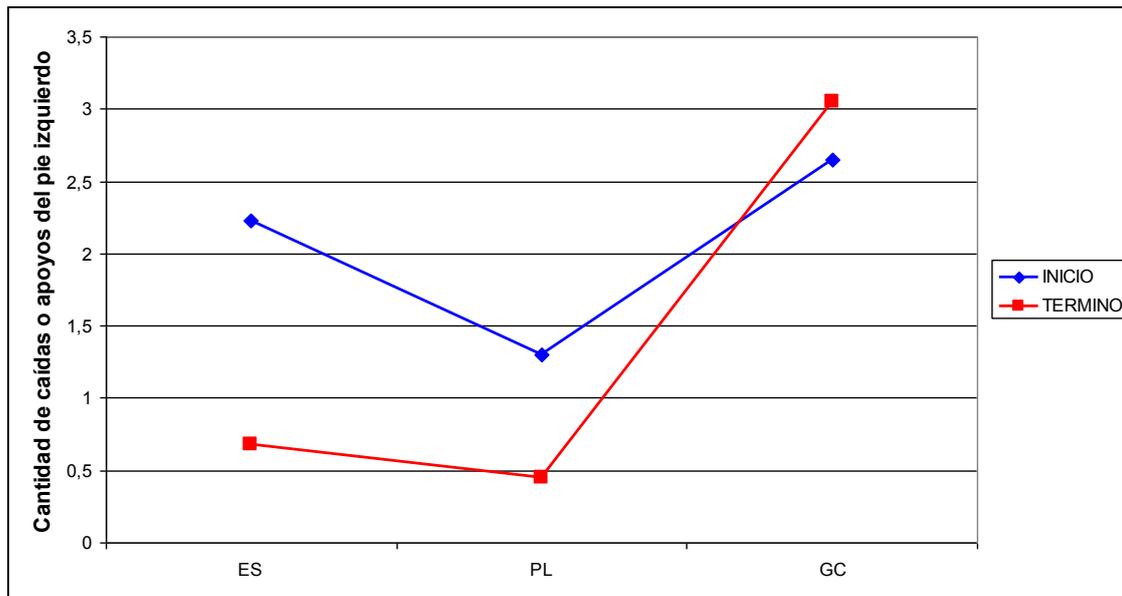


Figura 35. Valores pre y post intervención del test de equilibrio monopodal en pierna dominante obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.
ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo Peso Libre; GC= Grupo Control.

3.2.3 - Resultados obtenidos en la Coordinación General

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test “*Timed up and go 3m*” destaca principalmente que el grupo TE obtuvo una disminución estadísticamente significativa intra-grupo entre pre y post test en el tiempo empleado para recorrer la distancia de los 3m, pasando de 5,2 a 4,7 segundos, correspondiendo esta reducción a una disminución del -9,26%. Además el grupo TE también obtuvo diferencia estadísticamente significativa respecto al GC.

En cuanto al grupo experimental de PL, obtuvo también una disminución en el tiempo de realización de la prueba pasando de 5,3 a 4,5 segundos, correspondiendo esta disminución a una reducción del -15,13%. Sin embargo, esta mejora, a pesar de ser mayor que la obtenida por el grupo TE, no es significativa intra-grupo, aunque sí que lo es respecto al GC, y además

no existe diferencia estadísticamente significativa entre en los resultados del grupo TE respecto al de PL.

Por lo que respecta al GC, éste obtuvo una reducción estadísticamente no significativa del -1,19%, pasando de los 5,8 a los 5,7 segundos.

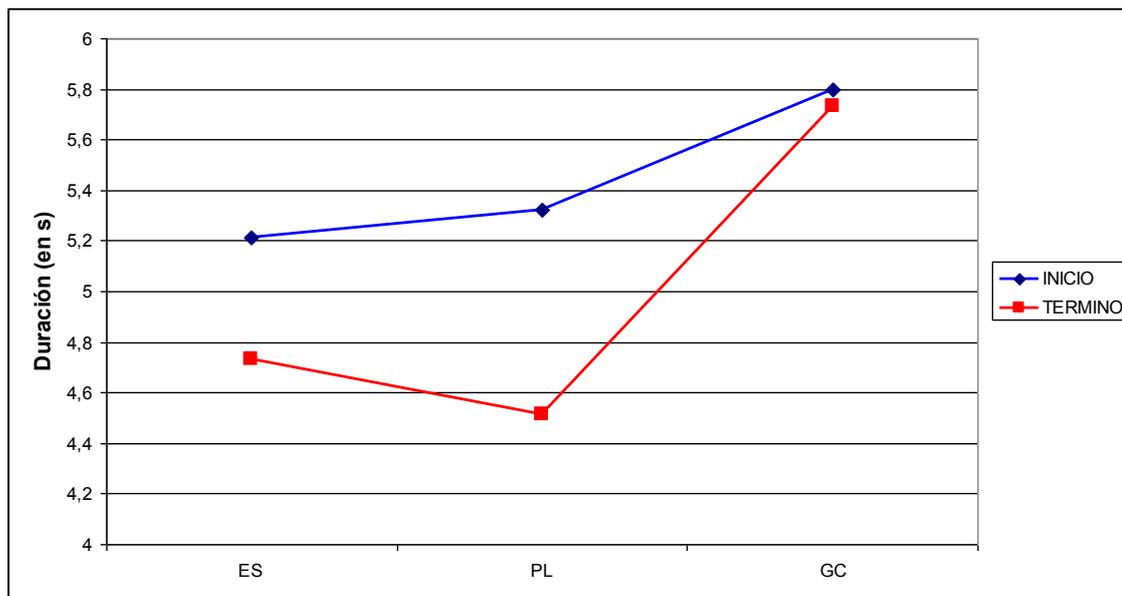


Figura 36. Valores pre y post intervención del test timed up and go 3m obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo Peso Libre; GC= Grupo Control.

3.2.4- Resultados obtenidos en la Capacidad aeróbica

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test de marcha de los 6 minutos, destaca que en ambos grupos experimentales se obtuvieron mejoras significativas intra-grupo entre valores pre test y post test, siendo éstas del +7,77% en el grupo TE y del +6,9% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. La mejora del grupo TE se tradujo en un aumento de la distancia recorrida de 44,46 m, pasando de 571,68 m a 616,14 m.

Por su parte, la mejora del grupo PL se tradujo en un aumento de la distancia recorrida de 39,25 m, pasando de 595,7 m a 634,95 m. Así mismo, tanto el grupo experimental TE como el PL obtuvieron mejoras estadísticamente significativas respecto al GC.

En cuando al GC, se produjo una disminución estadísticamente no significativa de la distancia recorrida de 3,1 m correspondiente al -0,55%, pasando de 564,9 m a 561,8m.

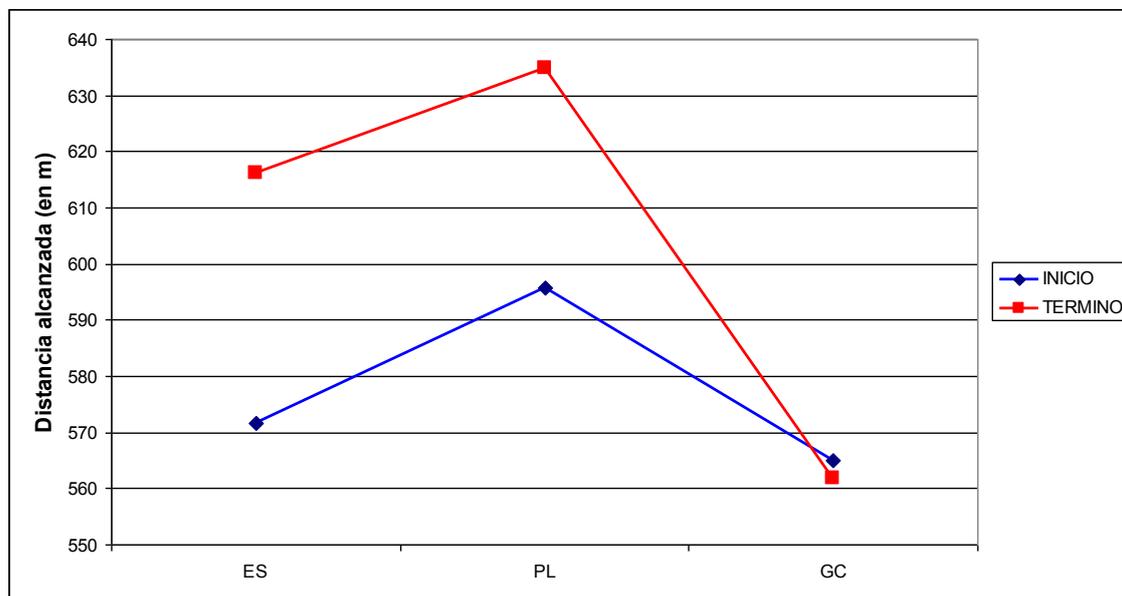


Figura 37. Valores pre y post intervención del test de marcha de 6 minutos obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.2.5- Resultados obtenidos en la Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria

Puesto que en el estudio se llevaron a cabo dos mediciones de la FIMV, para una mejor exposición de los resultados obtenidos éstos han sido englobados en dos subapartados, correspondientes a las dos pruebas de realizadas para la obtención de la FIMV.

3.2.5.1 Resultados obtenidos de la FIMV en miembros inferiores

Los resultados obtenidos a partir del test de sentadilla media se puede observar que ambos grupos experimentales aumentaron sus valores de FIMV producida, siendo este aumento del +51,15% en el grupo TE y del +14,77% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. La mejora producida en el grupo TE fue estadísticamente significativa intra-grupo entre los valores pre y post test, pasando de 479,164 N al inicio del programa a 724,265 N al finalizar, lo que supone un aumento de la FIMV de 254,10 N. En cuanto al grupo PL, la mejora producida no fue estadísticamente significativa pero aumentó sus valores de FIMV en 92,37 N, pasando de 622,37 N al inicio del programa a 714,74 N al finalizarlo. Además, en el grupo TE también se consiguió diferencia significativa respecto al GC, no siendo así en el grupo de PL. Respecto al GC, se produjo una disminución estadísticamente no significativa de la FIMV del -5,23%, correspondiente a 27,44N.

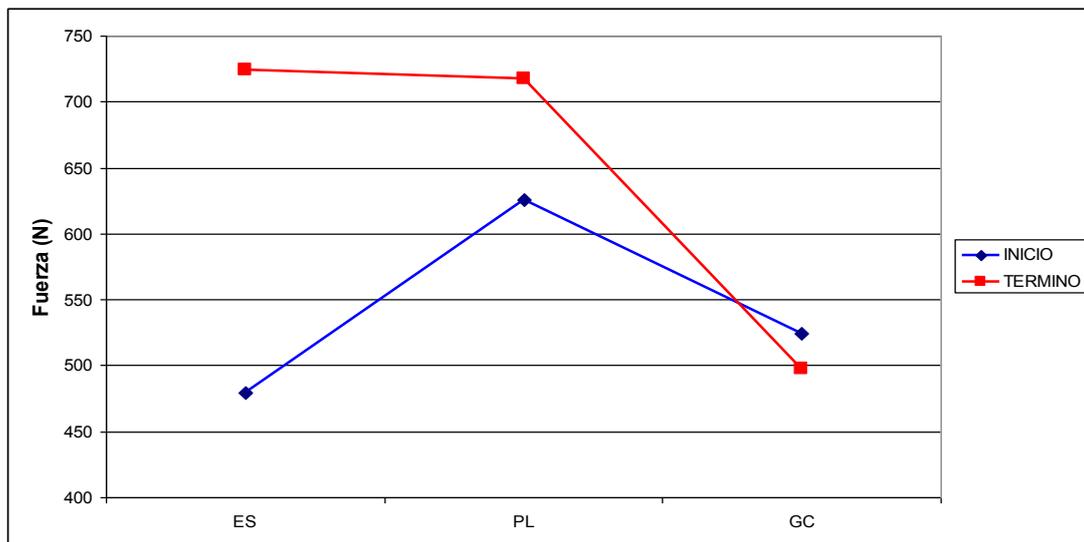


Figura 38. Valores pre y post intervención del test de media sentadilla obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.2.5.2 Resultados obtenidos de la FIMV en miembros superiores

Los resultados obtenidos a partir del test de remo vertical se puede observar que ambos grupos experimentales aumentaron sus valores de FIMV producida, siendo este aumento del +38,96% en el grupo TE y del +31,42% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Ambas mejoras, tanto la del grupo TE como la del grupo PL fueron estadísticamente significativas intra-grupo entre los valores pre y post test, obteniendo en el grupo TE un aumento de la FIMV de 95,12 N (de 244,13 N a 339,25 N), y en el grupo PL un aumento de 88,76 N (de 257,20 N a 328,00 N). Además, en ambos grupos se obtuvieron diferencia significativa respecto al GC. Respecto al GC, se produjo una disminución estadísticamente no significativa de la FIMV del -0,29%, correspondiente a 0,653 N.

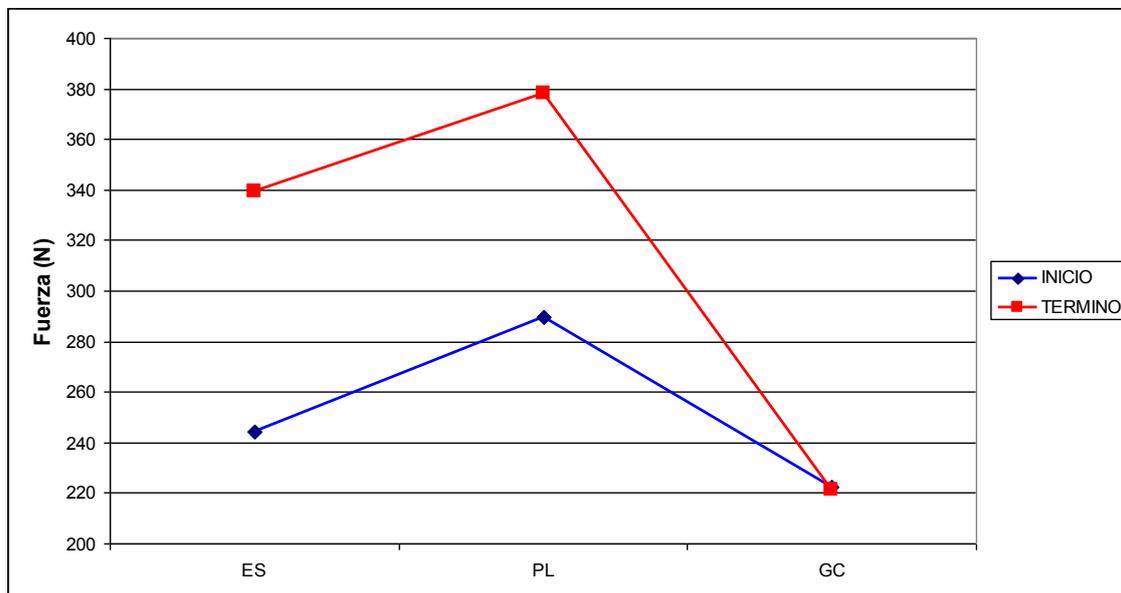


Figura 39. Valores pre y post intervención del test de remo vertical obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.2.6. Resultados obtenidos en la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora del tronco

Puesto que en el estudio se llevaron a cabo dos mediciones de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora del tronco, para una mejor exposición de los resultados obtenidos éstos han sido englobados en dos subapartados, correspondientes a las dos pruebas de realizadas para la obtención de la dicha fuerza resistencia.

3.2.6.1 Resultados obtenidos de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora frontal del tronco.

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test de puente prono se puede observar que ambos grupos experimentales aumentaron sus valores de tiempo de ejecución del test, siendo este aumento del +74,45% en el grupo TE y del +120,67% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Ambas mejoras, tanto la del grupo TE como la del PL fueron estadísticamente significativas intra-grupo entre los valores pre y post test, pasando en el grupo TE de 56,47 s al inicio del programa a 98,53 s al finalizar, lo que supone un aumento de 42,06 s. En cuanto al grupo PL, pasó de 51,91 s a 114,54 s, lo que supone un aumento de tiempo de 62,92 s. Además, en ambos grupos experimentales se obtuvo diferencia estadísticamente significativa respecto al GC. En cuanto a este último grupo, se produjo una disminución estadísticamente no significativa del tiempo de la prueba de un - 4,9% correspondiente a 2,32 s.

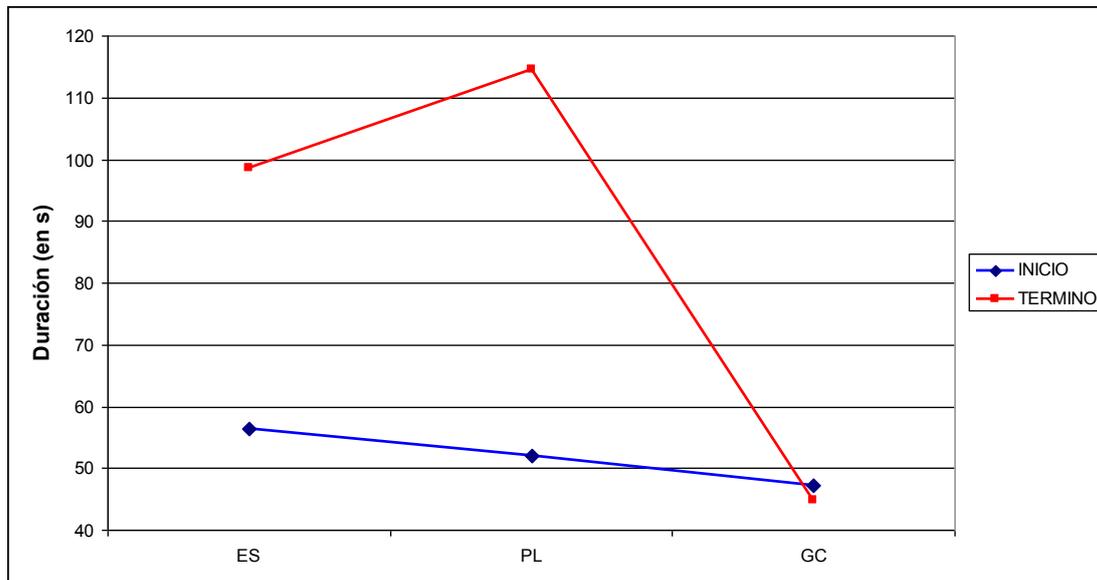


Figura 40. Valores pre y post intervención del test de puente prono obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

3.2.6.2 Resultados obtenidos de la fuerza resistencia de la musculatura estabilizadora lateral del tronco.

Respecto a los resultados obtenidos a partir del test de puente lateral se puede observar que ambos grupos experimentales aumentaron sus valores de tiempo de ejecución del test, siendo este aumento del +60,49% en el grupo TE y del +105,20% en el grupo PL, aunque sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Ambas mejoras, tanto la del grupo TE como la del PL fueron estadísticamente significativas intra-grupo entre los valores pre y post test, pasando en el grupo TE de 66,89 s al inicio del programa a 107,35 s al finalizar, lo que supone un aumento de 40,46 s. En cuanto al grupo PL, pasó de 66,19 s a 135,83 s, lo que supone un aumento de tiempo de 69,64 s. Además, la mejora del grupo PL también fue estadísticamente significativa respecto al GC. En cuanto a este último grupo, se produjo una

disminución estadísticamente no significativa del tiempo de la prueba de un - 5,66% correspondiente a 3,53 s.

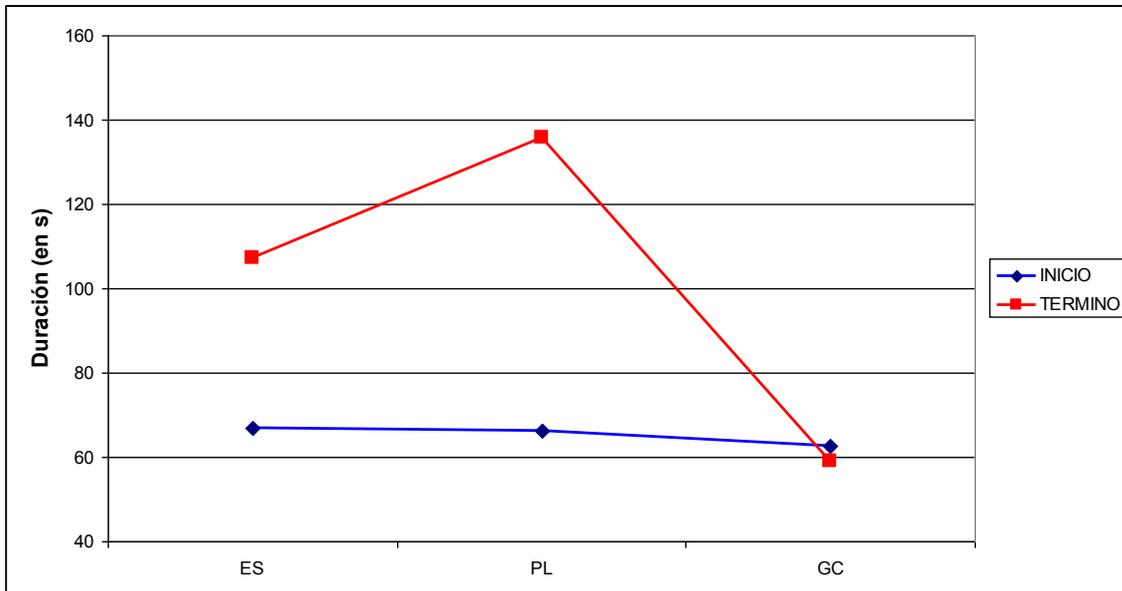


Figura 41. Valores pre y post intervención del test de puente lateral obtenidos en los tres grupos de estudio: BE, PL y GC.

ES= Grupo *Exercise Station*; PL= Grupo *Peso Libre*; GC= Grupo *Control*.

En la tabla 11 se muestran los datos correspondientes a la media y la desviación estándar de los valores pre y post intervención respecto a los parámetros de aptitud funcional estudiados en el presente proyecto.

RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL:
Resultados descriptivos de los parámetros de Aptitud Funcional

Tabla 11

Resultados pre y post intervención de los parámetros de aptitud funcional estudiados, reflejados a través de la media y la desviación estándar.

	Seat and Reach activo (cm)	Δ%	Equilibrio monopodal pierna derecha (N° apoyos/caídas)	Δ%	Timed up and go 3m (seg.)	Δ%	Test 6 min marcha (m)	Δ%	1/4 Sentadilla (N)	Δ%	Remo Vertical (N)	Δ%	Puente prono (seg.)	Δ%	Puente lateral (seg.)	Δ%
	Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)		Media (±DE)	
Exercise St. (n=22)																
<i>Inicial</i>	23,18 (8,517)		2,23 (2,045)		5,215 (0,510)		571,68 (36,757)		479,164 (263,554)		244,130 (113,984)		56,471 (23,184)		66,885 (38,745)	
<i>final</i>	29,27 (8,691)	+26,27*	0,68 (1,427)	-69,51*	4,732† (0,441)	-9,26*	616,14† (46,870)	+7,77*	724,265† (167,283)	+51,15*	339,253† (148,684)	+38,96*	98,528† (60,139)	+74,47*	107,347 (73,962)	+60,49*
Peso libre (n=20)																
<i>Inicial</i>	26,65 (7,429)		1,30 (1,922)		5,321 (0,798)		595,7 (68,524)		622,370 (223,147)		257,201 (122,148)		51,914 (21,143)		66,191 (31,427)	
<i>final</i>	33,05 (7,870)	+24,01*	0,45† (1,191)	-65,39*	4,516† (0,412)	-15,13	634,95† (44,85)	+6,59*	714,74 (140,756)	+14,77*	328,005† (100,253)	+31,42*	114,542† (100,296)	+120,64*	135,830† (88,008)	+105,20*
Grupo control (n=20)																
<i>Inicial</i>	27,20 (8,800)		2,65 (6,377)		5,800 (0,568)		564,9 (67,411)		524,507 (155,961)		222,153 (80,991)		47,213 (25,516)		62,477 (38,421)	
<i>final</i>	27,95 (8,562)	+2,75	3,05 (5,530)	+15,09	5,731 (0,856)	-1,19	561,8 (71,296)	-0,55	497,067 (144,252)	-5,23	221,500 (64,707)	-0,29	44,898 (20,372)	-4,9	58,944 (30,593)	-5,66

DE: Desviación estándar. Δ%: porcentaje de diferencia.

†Diferencia estadísticamente significativa respecto grupo control (p<0,05).

*Diferencia estadísticamente significativa intra-grupo entre pre y post-test (p<0,05)

3.3- Argumentación

Debe comenzar reseñándose que a nivel de análisis global, tomando en consideración la amplia revisión de la literatura efectuada, no se han encontrado estudios existentes que analicen los mismos parámetros metabólicos y funcionales que los estudiados en la presente investigación en relación con el efecto de dos dispositivos diferentes para el entrenamiento de fuerza, y menos aún en la población estudiada en la presente tesis. No obstante, los resultados obtenidos parecen concordar con los obtenidos en otros estudios publicados en poblaciones diversas (mujeres jóvenes y sanas, adultas o atletas) en cuanto a que el entrenamiento con materiales elásticos produce mejoras en los parámetros de aptitud funcional y metabólica al menos en la misma magnitud que otros dispositivos tradicionales como por ejemplo pueden ser los materiales de peso (Andersen et al., 2010; Colado et al., 2010; Colado et al., 2011; Colado, Triplett, Tella, Saucedo, & Abellán, 2009; Kraemer et al., 2001).

Tampoco se ha encontrado en la literatura estudios existentes que analicen los efectos sobre los parámetros de salud metabólica y de aptitud funcional con los materiales empleados en el presente estudio, refiriéndonos a la escasa publicación de estudios donde se haya empleado la novedosa *Exercise Station de Thera-Band®*. No obstante, y de una manera más próxima, debido al empleo de tubos elásticos en lugar de tubos, Colado & Triplett (2008) compararon los efectos de un programa de fuerza de 10 semanas en parámetros de capacidad funcional y composición corporal, empleando tubos elásticos frente a máquinas de peso en mujeres sedentarias de mediana edad, concluyendo que el entrenamiento con tubos elásticos puede ofrecer beneficios fisiológicos importantes comparables con los obtenidos a partir de los dispositivos de máquinas tradicionales en la primera fase de entrenamiento de la fuerza de

las mujeres de mediana edad y sedentarias, coincidiendo así con los hallazgos de nuestro estudio. Estos hallazgos también son congruentes con los obtenidos por el grupo de ejercicio que empleó tubos elásticos en un estudio de mayor duración temporal al anteriormente indicado realizado por Colado et al. (2009), en el que se empleó una muestra etaria similar y también con bajo riesgo cardiovascular. Incluso, también concuerdan con otro estudio realizado en un grupo etario similar por Colado et al. (2012) en el que se comparan el entrenamiento con tubos elásticos con otros dispositivos o medios como son el peso libre y el ejercicio en el medio acuático.

Del mismo modo, otros estudios (Andersen et al., 2010; Kwon et al., 2010; Raul & Manuel, 2010; Stevenson, Warpeha, Dietz, Giveans, & Erdman, 2010) también han acreditado y validado que los dispositivos innovadores y de bajo costo, como son las tubos elásticos y sus diferentes niveles de tensión, son tanto o más eficaces, en algunos casos, que los clásicos pesos libres para el aumento de la fuerza muscular y la mejora de los parámetros de salud, coincidiendo así con los resultados obtenidos en el presente estudio.

3.3.1- Argumentación de los resultados de los parámetros metabólicos

Al analizar los datos obtenidos respecto a los parámetros de salud metabólica, y a pesar del bajo riesgo cardiovascular de la muestra, se observaron mejoras en todos ellos en ambos grupos experimentales. De los cuatro parámetros estudiados, el grupo de TE obtuvo mejoras significativas intra-grupo respecto a los valores pre test en tres parámetros (PCR, HbA1c y c-LDL), mientras que el grupo de PL, únicamente obtuvo mejora significativa intra-grupo en la HbA1c con cierta tendencia a la mejora en todas las demás variables.

Analizando los resultados en función de los parámetros, observamos respecto a la PCR, que el grupo TE obtuvo mejoras significativas intra-grupo del 33,96%, mientras que el grupo PL consiguió una reducción del 22,9%, quedándose por debajo de la mejora obtenida por el grupo TE, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Por su parte, el GC vio aumentado sus valores de PCR en un 9,41%. Por tanto, el entrenamiento de fuerza llevado a cabo en el estudio contribuyó a la reducción de la inflamación. Así pues, los resultados obtenidos en nuestro estudio no hacen más que reforzar las teorías acerca de que el efecto antiinflamatorio del ejercicio juega un papel importante en la reducción de los niveles de PCR (Hammett et al., 2004; Petersen & Pedersen, 2005) y no sólo en PCR, sino también se podría hipotetizar en otros marcadores inflamatorios, como por ejemplo la IL-6, cuanto mayor sea la intensidad, duración o frecuencia de la actividad física que se realiza (Hammett et al., 2004; Nicklas et al., 2008). Es por esto que se comienza a conocer que aquellos individuos inactivos físicamente, los cuales habitualmente presentan valores elevados, este tipo de ejercicio podría servir para reducir tales niveles alterados a valores normales (Fischer, Berntsen, Perstrup, Eskildsen, & Pedersen, 2007).

No obstante, los resultados obtenidos en PCR no son concluyentes, puesto que su disminución podría estar vinculada a otros parámetros de salud no medidos en este estudio que estén provocando inflamación crónica, tales como la disfunción endotelial, donde los marcadores plasmáticos de inflamación se incrementan constantemente en sujetos con DM (Sallam, Khazaei, & Laher, 2010). Creemos que en un futuro esta influencia debería ser analizada con estudios específicos al respecto, siendo un precursor metodológico el estudio que aquí se ha realizado.

Respecto a la RI, a diferencia del estudio realizado por Colberg, Simoneau, Thaete, & Kelley (1995), en nuestro estudio sí que se observaron cambios significativos favorables en la mejora de la RI utilizándose una intensidad moderada – intensa, ya que los valores de HbA1c disminuyeron en un 6,74% en el grupo de TE y un 3,03% en el grupo de PL.

Estudios llevados a cabo por Burstein et al. (1985) y Heath et al. (1983) evidenciaron que el ejercicio físico puede tener un impacto temporal sobre el control de la glicemia, obteniéndose una principal disminución post ejercicio físico y un retorno rápido a los niveles pre ejercicio físico. Esta disminución de los niveles de glucemia tras el ejercicio físico se correlaciona con su duración e intensidad y con los niveles de glucosa antes del ejercicio. Hay que considerar que la mayoría de los estudios, tuvieron como frecuencia la realización de ejercicio físico 3 veces por semana, factor que podría justificar los resultados obtenidos en nuestro estudio, debido a que se sabe que el aumento de sensibilidad a la insulina, asociado al ejercicio físico, no permanece más que 72 horas (Sigal, Kenny, Wasserman, & Castaneda-Sceppa, 2004).

Así pues, en nuestro estudio se consiguieron disminuciones de glucemia muy significativas en los dos grupos, llegando el grupo de TE a reducir los niveles de glucemia en un 6,74 %, lo que supone una disminución de HbA1c de 0,40mg/dl. Una de las causas de esta reducción pudo ser la intensidad del ejercicio físico, puesto que se ha evidenciado que el ejercicio de moderado hacia alta intensidad logra mejores resultados que un ejercicio de intensidad baja a moderada, en relación a la sensibilidad a la insulina y a la oxidación de grasas en adultos sedentarios con sobrepeso u obesidad (Whyte, Ferguson, Wilson, Scott, & Gill, 2012), por lo que la progresión en la escala OMNI-RES de esfuerzo percibido para

tubos elásticos parece ser que fue la correcta (7 durante el primer mes, 8 durante el segundo mes y 9 durante el tercer mes).

Los datos obtenidos en nuestra investigación concuerdan con los publicados por los cuatro metaanálisis que existen acerca de los beneficios de la práctica de actividad física, los cuales demuestran que en pacientes con DM2 la práctica de actividad física se asocia con una mejora significativa en el control glucémico, evidenciada mediante la reducción significativa de los niveles de hemoglobina glicosilada (Boulé, Haddad, Kenny, Wells, & Sigal, 2001; Marwick et al., 2009; Snowling & Hopkins, 2006; Thomas, Elliott, & Naughton, 2006) coincidiendo, por tanto, con lo aportado por el presente trabajo. Además, en estos metaanálisis mencionados, la mejoría en el control glucémico a medio plazo favorecida por la actividad física se traduce en reducciones medias de HbA1c de 0,6-0,8% (Boulé et al., 2001; Snowling & Hopkins, 2006; Thomas et al., 2006), lo que podría ser lo clínicamente significativo en términos de potencial mejoría sobre el desarrollo y la progresión de complicaciones crónicas. Trasladado a los resultados obtenidos en la presente investigación, donde las reducciones obtenidas en HbA1c por el grupo de BE han superado el 0,6%, el potencial de mejora sobre el desarrollo de ECNT es también elevado llevando a cabo el entrenamiento de fuerza con este tipo de dispositivos tanto para los tradicionales como para los más novedosos como así ha sido la *Exercise Station*.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el UKPDS (Group, 1998; Stratton et al., 2000), el cual indica que por cada punto porcentual que decrecía laHbA1c se observaba un 35% de reducción en el riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares, un 25% de reducción en las muertes relacionadas con la diabetes, un 18% de reducción en el infarto de miocardio fatal y no fatal, y un 7% de reducción en todas las causas de mortalidad, las

mujeres que han participado en el presente estudio habrán visto aumentada su esperanza de vida ya que habrán decrecido drásticamente las posibilidades de morir por diabetes, complicaciones microvasculares o infarto.

Los hallazgos obtenidos en nuestro estudio están en consonancia con los mostrados por el estudio llevado a cabo por Kirk et al. (2004), el cual concluía que tras un programa de 12 meses de ejercicio de fuerza controlado mejoraba el IMC, disminuía la HbA1c un 0,26% y el colesterol total en 0,33mmol/l, de lo cual se deduce hay una estrecha relación entre el control de la glucemia y el entrenamiento de la fuerza, el cual produce un aumento de la fuerza y masa muscular.

A su vez esta mantenimiento en el control glucémico es congruente con otro trabajo específico realizado por Colado et al. (2009) en el que emplean tubos elásticos, y aunque el grupo de ejercicio no mejora sus valores basales por lo menos los mantienen después de 6 meses de ejercicio físico a diferencia del grupo control que los empeora de manera estadísticamente significativa.

Atendiendo a los resultados obtenidos en los parámetros referentes a la dislipidemia, nuestro estudio concuerda con los resultados de varias investigaciones realizadas en los años 80 (Sady, Cullinane, Saritelli, Bernier, & Thompson, 1988; Zilversmit, 1979) donde se demostraba que el ejercicio físico de características intensas disminuye positivamente las concentraciones de triglicéridos en ayunas y al mismo tiempo, mejora el metabolismo de las grasas y por tanto la movilización y utilización de estas como energía, disminuyendo el número de lipoproteínas ricas en triglicéridos potencialmente aterógenas. Al mismo tiempo, otro estudio más reciente (Kraus et al., 2002) refuerza estas conclusiones y entrega fuerte evidencia en relación a la importancia que tiene la intensidad del ejercicio en la disminución

de las concentraciones de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad, lo que explicaría los éxitos de nuestro estudio en estos parámetros metabólicos

Centrándonos en los niveles de c-LDL obtenidos en el estudio, se observa que el grupo experimental TE ha reducido sus valores en un 9,9% obteniendo así una diferencia estadísticamente significativa intra-grupo. Por su parte, el grupo PL apenas los redujo un 1,09% mientras que el GC los aumentó en un 0,96%. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Behall, Howe, Martel, Scott, & Dooly (2003) los cuales observaron que en mujeres pre y postmenopáusicas sedentarias y con sobrepeso no existían diferencias en sus niveles de c-LDL, independientemente del tipo de ejercicio realizado durante 3 meses (aeróbico o de fuerza). Del mismo modo, los resultados obtenidos se contraponen al estudio realizado con adultos sedentarios hipercolesterolémicos por Sousa, da Mata Silva, Simoes, Moreno, & Pacheco (2005) donde el entrenamiento de fuerza no produjo cambios en el perfil lipídico.

Sin embargo, nuestros resultados respaldan los obtenidos por varios estudios que demuestran que el entrenamiento de fuerza mantenido mejora el perfil lipídico de mujeres pre-menopáusicas, disminuyendo el CT y el c-LDL y aumentando el c-HDL (Prabhakaran et al., 1999). En esta congruencia, y relacionado de manera específica con el empleo de materiales elásticos como son las tubos y la aplicación de programas de moderados a intensos, los resultados de la presente investigación concuerdan con los obtenidos por Colado et al. (2009), ya que en dicho estudio un grupo de mujeres postmenopáusicas fueron sometidas a un programa de ejercicio con esas características y consiguieron mejorar su c-LDL, triglicéridos y apolipoproteína B, aunque no de manera estadísticamente significativa, mientras que sí mejoraron de forma significativa su ratio Colesterol total/c-HDL. Es por lo que

presentamos que este estudio complementa dichos hallazgos y corrobora la eficacia del entrenamiento con materiales elásticos sobre alteraciones de dislipidemias.

Por su parte, si observamos los resultados generales respecto a los parámetros metabólicos obtenidos por el GC al finalizar la intervención, podemos observar que empeoró sus valores en todos parámetros, lo que evidencia y predice que si el fenómeno del sedentarismo se mantiene en este grupo, los parámetros de salud metabólica generarán una permanente curva exponencial, aumentando el riesgo cardiovascular en estos sujetos.

Por lo tanto, se evidencia mejoría en la salud metabólica, tanto en el trabajo con el dispositivo de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®*, como en el grupo que entrenó con un dispositivo tradicional de pesos libres. Ambos grupos experimentales mostraron mejoras tras la finalización de la intervención en todos los parámetros metabólicos evaluados. Sin embargo, el grupo de tubos elásticos mostró una marcada y superior mejoría en los parámetros de salud metabólica analizados, disminuyendo los valores totales en un 24,41% más respecto del grupo pesos libres. Estos resultados apoyan los estudios anteriormente mencionados (Andersen et al., 2010; Colado et al., 2010; Colado et al., 2011; Kwon et al., 2010; Raul & Manuel, 2010; Stevenson et al., 2010).

Al igual que concluyen Colado et al. (2009), debido a las diferentes influencias aún por comprender en las mejoras fisiológicas que se obtienen al emplear una misma metodología con diferentes recursos materiales de aplicación, se sugiere la variación regular de estos implementos en la dosificación de los estímulos a medio y largo plazo de manera que se establezca la mejor y más amplia sinergia adaptativa y con esto conseguir los progresos más adecuados para la población sometida a estos protocolos de trabajo.

3.3.2- Argumentación de los resultados de los parámetros de Aptitud Funcional

Al analizar los datos obtenidos en la presente investigación respecto a los parámetros de aptitud funcional, se observaron mejoras en todos ellos en ambos grupos experimentales, tanto en TE como en PL, siendo éstas mayores en el grupo de TE en 5 de los 8 parámetros evaluados (flexibilidad, equilibrio, capacidad aeróbica, FIMV miembros superiores e inferiores), mientras que el grupo de PL obtuvo mayores mejoras que el TE en, únicamente, 3 parámetros funcionales (coordinación general, fuerza resistencia abdominal frontal y lateral).

Así pues, al finalizar la intervención, se pudo constatar que existe una mejoría de la aptitud funcional, tanto en el grupo de tubos elásticos como en el grupo de pesos libres, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Ambos grupos mejoraron en todos los test evaluados al finalizar la intervención. De este modo podemos distinguir que de los 8 test evaluados, el grupo de TE obtuvo mejores resultados en los siguientes 5 de los 8 parámetros:

- *Sit and Reach*: grupo TE obtuvo una mejora del 26,27% (24,01% grupo de PL). Mejora obtenida de TE respecto de PL del + 2,26 %.
- Equilibrio Monopodal en pierna dominante: grupo TE obtuvo una mejora del 69,51% (65,01% grupo PL). Mejora obtenida de TE respecto del PL del + 4,12 %.
- Test de Marcha de los 6 minutos: grupo TE obtuvo una mejora del 7,77% (6,59% grupo PL). Mejora obtenida de TE respecto de PL del + 1,18%.
- Remo vertical: grupo TE obtuvo una mejora del 38,96% (31,42% grupo PL). Mejora obtenida de TE respecto de PL del + 7,54%.
- ¼ Sentadilla: grupo TE obtuvo una mejora del 51,15% (14,77% grupo PL). Mejora obtenida de TE respecto de PL del + 36,38%.

Por su parte, el grupo de pesos libres obtuvo mejores resultados en los test de:

- *Timed up and go test 3m*: grupo PL obtuvo una mejora del 15,13% (9,26% grupo TE). Mejora obtenida de PL respecto de TE del + 5,87%.
- Puente Prono: grupo PL obtuvo una mejora del 120,64% (74,47% grupo TE). Mejora obtenida de PL respecto de TE del +46,17%.
- Puente Lateral: grupo PL obtuvo una mejora del 105,20% (60,49% grupo TE). Mejora obtenida de PL respecto de TE del 44,71%.

Se aprecia también que el grupo TE obtuvo mejoras significativas intra-grupo en los 8 parámetros evaluados, así como mejoras estadísticamente significativas respecto al grupo control en 5 de los 8 parámetros (coordinación general, fuerza resistencia abdominal frontal, capacidad aeróbica, FIMV de miembros superiores e inferiores). Sin embargo, el grupo de PL consiguió mejoras significativas intra-grupo en 6 parámetros, no siendo significativas las diferencias en la coordinación general y en la FIMV de miembros superiores. Por su parte, respecto al GC, el grupo de PL consiguió diferencias significativas en todos los parámetros excepto en la FIMV de miembros inferiores.

Pensamos que los ejercicios empleados como la sentadilla, remo inclinado, tijera y pájaro han podido influir positivamente en la mejora de la prueba de flexibilidad (Colado, 1996). A su vez, todos aquellos ejercicios que se realizaban con una estabilización activa del tronco han supuesto un estímulo positivo de mejora para la musculatura estabilizadora (Colado et al., 2011), mientras que todos los ejercicios en global, y además su aplicación en circuito, han supuesto un estímulo de mejora para el equilibrio, la coordinación, la fuerza de las extremidades y la capacidad aeróbica (Colado, 2004).

De acuerdo con estos resultados, se aprecia que tanto los dispositivos de tubos elásticos como los tradicionales de peso libre son de similar eficacia para la mejora de la flexibilidad, el equilibrio, la capacidad aeróbica y la FIMV de miembros superiores, siendo las mejoras ligeramente superiores en el grupo de TE. Sin embargo, los dispositivos tradicionales de peso libre consiguen mayores mejoras en cuando en la fuerza resistencia abdominal frontal y lateral y la coordinación general, mientras que, los dispositivos de tubos elásticos son tremendamente eficaces en la ganancia de fuerza en los miembros inferiores. De este modo, los resultados obtenidos en esta investigación refuerzan los estudios ya nombrados (Andersen et al., 2010; Colado et al., 2010; Colado et al., 2011, 2009; Kraemer et al., 2001).

Como se ha mencionado anteriormente, las diferencias más significativas en el grupo que entrenó con tubos elásticos se produjeron en el aumento de la FIMV de miembros inferiores, consiguiendo mejoras de fuerza superiores al 50%. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Zion, De Meersman, Diamond, & Bloomfield (2003) en su estudio realizado a un grupo de ancianos, quienes no evidenciaron cambios significativos en la fuerza de tren inferior. Estos hallazgos también contrastan con los obtenidos por Colado et al. (2010) en los que el grupo que entrenó con peso libre mejoró de manera estadísticamente no significativa un 50% más que el progreso obtenido en el grupo que entrenó con las *Exercise Station* (14,07% vs. 28,00%), aunque en este caso la explicación puede estribar en la especificidad de las pruebas empleadas para medir las variables de estudio, es decir, en aquel estudio el ángulo de medición de la fuerza máxima isométrica fue aquel que estaba más próximo a la especificidad que aporta la resistencia de los dispositivos de peso (90° de flexión de rodilla) a diferencia del presente estudio en el que se evaluó en un ángulo que puede facilitar la transferencia para los dispositivos elásticos como así ha sucedido (45° de flexión de rodilla).

Algunos de los estudios más próximos al aquí realizado, en términos de materiales, muestra y metodología, son los realizados por Colado & Triplett (2008), Colado et al. (2009) y Colado et al. (2012), en ellos se confirma la mejora en la aptitud funcional de los miembros y el tronco al emplear los tubos elásticos y es en este sentido en el que hay una concordancia plena con nuestros resultados, pudiéndose entrever que la nueva *Exercise Station* aporta un material práctico que junto con los tubos elásticos otorgará variedad a los programas de ejercicio a la vez que sigue reforzando el empleo de materiales poco costosos, versátiles, perdurables y fácilmente manejables, de manera que se puede estimular su empleo en las poblaciones y condiciones más diversas.

De este modo, y en términos generales, los resultados obtenidos en este estudio se suman a aquellos estudios que han demostrado de manera simple o combinada la eficacia del entrenamiento de fuerza en la reducción del riesgo cardiovascular y de la dislipemia en mujeres de diferente franja etaria, incluida la menopausia (Colado et al., 2009; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2012; Kwon et al., 2010; Martins, Veríssimo, e Silva, Cumming, & Teixeira, 2010). Del mismo modo, nuestros resultados también se suman a los obtenidos por Kwon et al. (2010), quienes identificaron que con un programa de entrenamiento con tubos elásticos en mujeres adultas (promedio 56 años), obesas y con diabetes mellitus tipo 2, aumentaban significativamente los niveles de fuerza muscular además de presentarse una significativa disminución de la masa de grasa.

Cabe mencionar que, así como los grupos experimentales descienden los parámetros alterados y aumentan las capacidades físicas, en el grupo control empeoraron. Resultados que se suman a los obtenidos por Martins, Veríssimo, e Silva, Cumming, & Teixeira (2010) frente

a una población de edad media de 76 años, en donde mejoraron parámetros semejantes a este estudio, relacionados con salud metabólica y aptitud funcional.

El programa de ejercicio físico, tanto con tubos elásticos como con pesos libres, demostró ser seguro y eficaz, sin producir efecto adverso alguno en los sujetos que participaron en este estudio, el cual se sustenta en el reconocimiento del valor del entrenamiento de fuerza resistencia realizado por parte de la ACSM donde este tipo de ejercicio se validó como un componente muy relevante en los programa de acondicionamiento físico para de todas las edades (Pollock et al., 2000).

De este modo, se puede indicar que se evidencia mejoría en la aptitud funcional de los sujetos, tanto en los que han trabajado con el dispositivo de tubos elásticos en la *Exercise Station de Thera-Band®*, como en el grupo que entrenó con un dispositivo tradicional de pesos libres. Ambos grupos experimentales mostraron mejoras tras la finalización de la intervención en todos los parámetros evaluados.

3.4- Aplicaciones prácticas

Tras el análisis y argumentación de nuestros resultados, se pueden desarrollar varias conclusiones al respecto del estudio aquí efectuado. Estas conclusiones pueden tener directas aplicaciones a la hora de recomendar la realización de ejercicios en poblaciones de mujeres adultas sedentarias de bajo riesgo metabólico, franja etaria donde se engloban un gran número de personas.

En primer lugar, destacar la coincidencia con otros estudios reseñados en la argumentación, de que el entrenamiento de fuerza a intensidades medias-altas conduce a una reducción de los FRCV, especialmente en los relacionados con la RI, la inflamación sistémica del organismo y la dislipidemia, independientemente de si se utilizan dispositivos tradicionales como de bajo coste o novedosos, como son los tubos elásticos. De la misma manera, el entrenamiento tanto con dispositivos de tubos elásticos como de peso libre llevado a cabo en el estudio ha demostrado ser un estímulo eficaz para la mejora de todos los parámetros de aptitud funcional, teniendo especial relevancia el dispositivo de tubos elásticos, donde las mejoras han sido ligeramente mayores en todas las capacidades valoradas excepto en la mejora de la fuerza resistencia abdominal frontal y lateral, pero consiguiendo unas ganancias de fuerza para tren inferior algo superiores al peso libre.

De este modo, conociendo que para esta franja etaria de la población, los dispositivos de tubos elásticos pueden ser algo más significativos en la disminución de los valores de salud metabólica y en la mejora de la aptitud funcional que los dispositivos tradicionales, sería conveniente poder dotar al profesional del ámbito clínico y deportivo/recreativo de un conocimiento aplicado sobre este tipo de materiales, para que al menos, éste pudiera decidir

si incorporar de manera segura y eficaz este tipo de material accesible y poco costoso a su quehacer profesional y cotidiano.

De este modo se podrían crear programas o proyectos dirigidos a mejorar los FRCV a través de dispositivos de tubos elásticos puesto que éstos pueden reducir la dinapenia y mejoran los parámetros metabólicos ligados al SM.

3.5- Limitaciones del estudio

Es posible que un programa de mayor duración en el tiempo hubiese mostrado diferencias más significativas entre los grupos experimentales, tanto en los valores metabólicos como funcionales.

Así mismo, hubiera sido interesante haber introducido en el programa, ejercicios específicos para la zona abdominal puesto que se ha valorado la fuerza abdominal a través de los test de puente prono y puente lateral. Del mismo modo, también hubiera sido interesante comparar los parámetros antropométricos obtenidos, no sólo realizando una primera medición previa al inicio del programa, sino también al finalizar, para comparar los cambios obtenidos en cuanto a la composición corporal, tan importante esta puesto que el IMC queda recogido por la OMS como uno de los factores de riesgo del síndrome metabólico.

Otra limitación encontrada es que los datos obtenidos sobre los parámetros metabólicos se centraban únicamente en 4 metabolitos. Hubiera sido interesante valorar también la tensión arterial puesto que también es un factor de riesgo del SM establecido por la OMS.

3.6- Futuras líneas de investigación

De esta manera, este estudio confirma la eficacia de estos dispositivos elásticos para mejorar el rendimiento muscular en mujeres de edad media y con prevalencia de síndrome metabólico, sin embargo es posible que un programa de mayor duración en el tiempo hubiese mostrado diferencias más significativas entre los grupos.

También, para efectos de otros estudios sería positivo abordar otras variables, tales como la antropometría pentacompartimental, la fuerza dinámica, otros test funcionales o, incluso, un tema pertinente a esta etapa crítica de este segmento etario como sería el rol que juegan los cambios hormonales, principalmente el estrógeno y la progesterona, ya que existe gran divergencia en los estudios llevados a cabo por investigadores respecto del papel que este periodo transicional significa en la mujer.

También queda abierta la posibilidad, para futuras investigaciones que permitan indagar sobre lo que sucedería con un entrenamiento mixto, que integre tubos elásticos/ tubos elásticos y pesos libres, puesto que los resultados obtenidos por Ghigiarelli et al. (2009) muestran mejora de fuerza y potencia muscular en jugadores de fútbol.

En la misma línea, dada la contingencia nacional e internacional, en el ámbito escolar, se estima pertinente abordar estudios que integren este dispositivo en este grupo etario, que según lo revisado, no ha sido abordado.

4- CONCLUSIONES FINALES

CONCLUSIONES FINALES

Se describe en este apartado el cumplimiento de las hipótesis y objetivos enunciados en relación a los resultados obtenidos.

1. En relación a la primera de las hipótesis enunciada debe indicarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la *Exercise Station de Thera-Band®* para tubos elásticos contribuye a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre debido a la reducción significativa que se manifestó en el biomarcador de Proteína C Reactiva.
2. En relación a la segunda de las hipótesis enunciada debe indicarse que ésta también queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la *Exercise Station de Thera-Band®* para tubos elásticos contribuye a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre debido a la reducción significativa que se manifestó en el biomarcador de Hemoglobina Glicosilada.
3. En relación a la tercera de las hipótesis enunciada debe indicarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la *Exercise Station de Thera-Band®* para tubos elásticos contribuye a reducir el riesgo cardiovascular de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre debido a la reducción significativa que se manifestó en algunos lípidos como así fueron el c-LDL y el Colesterol Total.

CONCLUSIONES FINALES

4. Respecto a la cuarta de las hipótesis mencionada, debe destacarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuye a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre con referencia a la fuerza de las extremidades y del tronco.
5. Respecto a la quinta de las hipótesis mencionada, debe reseñarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuye a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre con referencia a la flexibilidad de la cadena muscular posterior del cuerpo.
6. Respecto a la sexta de las hipótesis mencionada, debe indicarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuye a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre con referencia a la coordinación.
7. Respecto a la séptima de las hipótesis mencionada, debe enfatizarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®*

contribuye a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre con referencia al equilibrio.

8. Respecto a la octava de las hipótesis mencionada, debe indicarse que ésta queda corroborada ya que de los resultados obtenidos puede afirmarse que la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en mujeres de 40 a 50 años con la estación de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* contribuye a mejorar la aptitud funcional de igual forma que los dispositivos tradicionales de peso libre con referencia a la capacidad aeróbica.

En cuanto a los objetivos propuestos en el presente estudio, se han llegado a las siguientes conclusiones:

1. En relación al objetivo general de la investigación, se puede concluir que la realización de un programa de ejercicio físico de 12 semanas, utilizando un dispositivo innovador consistente en una plataforma de tubos elásticos *Exercise Station de Thera-Band®* y otro dispositivo clásico o tradicional, como son los pesos libres, genera beneficios y mejorías importantes en igual magnitud tanto en la salud metabólica como en la aptitud funcional, reduciendo así el perfil de riesgo cardiovascular en una población de mujeres adultas, sedentarias y con prevalencia de síndrome metabólico.
2. En cuanto al primero de los objetivos específicos enunciados, se evidencia mejoría en la salud metabólica, tanto en el trabajo realizado con el dispositivo de tubos elásticos *Exercise Station Thera-Band®*, como en el grupo que entrenó con un dispositivo tradicional de pesos libres. Ambos grupos mostraron mejoras similares tras la finalización de la intervención. Sin embargo, el grupo TE mostró en algunas variables

CONCLUSIONES FINALES

cierta mejoría en determinados parámetros de salud metabólica analizados respecto del grupo PL.

3. En cuanto al segundo de los objetivos específicos enunciados, existe una mejoría en la aptitud funcional, tanto en el grupo entrenado con los tubos elásticos como en el grupo ejercitado mediante pesos libres. Ambos grupos mejoraron en los test evaluados al finalizar la intervención. Sin embargo, de los 8 capacidades evaluadas, el grupo TE obtuvo mejores resultados en 5 de ellas: flexibilidad, equilibrio, capacidad aeróbica, FIMV de miembros superiores y FIMV de miembros inferiores; mientras que el grupo PL obtuvo mejores resultados en las 3 capacidades restantes: coordinación general, fuerza resistencia abdominal frontal y fuerza resistencia abdominal lateral.

Por tanto, se puede concluir que en la muestra analizada la realización de un programa de ejercicio físico desarrollado con tubos elásticos en la *Exercise Station de Thera-Band®* tiene efectos positivos en la mejora tanto de la salud metabólica como de la capacidad funcional, al menos, del mismo modo que los generados a través de un dispositivo tradicional de pesos libres, como son las barras y los discos.

5- BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Aboodarda, S. J., Hamid, M. S. A., Muhamed, A. M. C., Ibrahim, F., & Thompson, M. (2013). Resultant muscle torque and electromyography activity during high intensity elastic resistance and free weight exercises. *European Journal of Sport Science, 13*(2), 155-163.
- Alberti, K. G. M. M., & Zimmet, P. Z. (1998a). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabetic medicine, 15*(7), 539–553.
- Alberti, K. G. M. M., & Zimmet, P. Z. (1998b). Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabetic medicine, 15*(7), 539–553.
- Alexander, C. M., Landsman, P. B., Teutsch, S. M., & Haffner, S. M. (2003). NCEP-defined metabolic syndrome, diabetes, and prevalence of coronary heart disease among NHANES III participants age 50 years and older. *Diabetes, 52*(5), 1210–1214.
- Ali, N. S., & Twibell, R. K. (1995). Health promotion and osteoporosis prevention among postmenopausal women. *Preventive Medicine, 24*(5), 528–534.
- Aloia, J. F., McGowan, D. M., Vaswani, A. N., Ross, P., & Cohn, S. H. (1991). Relationship of menopause to skeletal and muscle mass. *The American journal of clinical nutrition, 53*(6), 1378-1383.
- Andersen, L. L., Andersen, C. H., Mortensen, O. S., Poulsen, O. M., Bjørnlund, I. B. T., & Zebis, M. K. (2010). Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Physical therapy, 90*(4), 538–549.

- Arlot, M. E., Sornay-Rendu, E., Garnero, P., Vey-Marty, B., & Delmas, P. D. (1997). Apparent Pre-and Postmenopausal Bone Loss Evaluated by DXA at Different Skeletal Sites in Women: The OFELY Cohort. *Journal of Bone and Mineral Research*, *12*(4), 683–690.
- Armario, P., del Rey, R. H., & Martín-Baranera, M. (2002). Estrés, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial. *Medicina clínica*, *119*(1), 23–29.
- Asikainen, T.-M., Kukkonen-Harjula, K., & Miilunpalo, S. (2004). Exercise for health for early postmenopausal women. *Sports medicine*, *34*(11), 753–778.
- Association, A. D. (2010). Standards of medical care in diabetes—2010. *Diabetes care*, *33*(Supplement 1), S11–S61.
- Axler, C. T., & McGILL, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and science in sports and exercise*, *29*(6), 804–811.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., ... Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American journal of epidemiology*, *147*(8), 755–763.
- Baumgartner, R. N., Waters, D. L., Gallagher, D., Morley, J. E., & Garry, P. J. (1999). Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. *Mechanisms of ageing and development*, *107*(2), 123–136.
- Behall, K. M., Howe, J. C., Martel, G., Scott, W. H., & Dooly, C. R. (2003). Comparison of resistive to aerobic exercise training on cardiovascular risk factors of sedentary, overweight premenopausal and postmenopausal women. *Nutrition Research*, *23*(5), 607–619.

- Bergström, A., Pisani, P., Tenet, V., Wolk, A., & Adami, H.-O. (2001). Overweight as an avoidable cause of cancer in Europe. *International journal of cancer*, 91(3), 421–430.
- Berlin, J. A., & Colditz, G. A. (1990). A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *American journal of epidemiology*, 132(4), 612–628.
- Bischoff, H. A., Stähelin, H. B., Monsch, A. U., Iversen, M. D., Weyh, A., von Dechend, M., ... Theiler, R. (2003). Identifying a cut-off point for normal mobility: a comparison of the timed 'up and go' test in community-dwelling and institutionalised elderly women. *Age and Ageing*, 32(3), 315–320.
- Blair, S. N., Horton, E., Leon, A. S., Lee, I. M., Drinkwater, B. L., Dishman, R. K., ... Kienholz, M. L. (1996). Physical activity, nutrition, and chronic disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(3), 335–349.
- Bliss, L. S., & Teeple, P. (2005). Core stability: the centerpiece of any training program. *Current sports medicine reports*, 4(3), 179–183.
- Booth, F. W., Chakravarthy, M. V., Gordon, S. E., & Spangenburg, E. E. (2002). Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *Journal of Applied Physiology*, 93(1), 3–30.
- Boraita Pérez, A. (2008). Ejercicio, piedra angular de la prevención cardiovascular. *Revista española de cardiología*, 61(5), 514–528.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos* (Vol. 307). Inde. Recuperado a partir de <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IFiUM3omKY4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=BOSCO,+C.+La+fuerza+muscular.&ots=41Du6PSHZ2&sig=iRXHBjJxN2lu8AOA9TPI0nsMaKU>

- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6 Suppl), S446-451; discussion S452-453.
- Boulé, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 286(10), 1218–1227.
- Braith, R. W., & Stewart, K. J. (2006). Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*, 113(22), 2642-2650. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584060
- Burgos Peláez, R. (2006). Enfoque terapéutico global de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 51–60.
- Burstein, R., Polychronakos, C., Toews, C. J., MacDougall, J. D., Guyda, H. J., & Posner, B. I. (1985). Acute reversal of the enhanced insulin action in trained athletes: association with insulin receptor changes. *Diabetes*, 34(8), 756–760.
- Cameron, A. J., Shaw, J. E., & Zimmet, P. Z. (2004). The metabolic syndrome: prevalence in worldwide populations. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, 33(2), 351-375, table of contents. doi:10.1016/j.ecl.2004.03.005
- Carr, M. C. (2003). The emergence of the metabolic syndrome with menopause. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 88(6), 2404-2411.
- Casanova, C., Celli, B. R., Barria, P., Casas, A., Cote, C., De Torres, J. P., ... de Oca, M. M. (2011). The 6-min walk distance in healthy subjects: reference standards from seven countries. *European Respiratory Journal*, 37(1), 150–156.
- Castelli, W. P. (1984). Epidemiology of coronary heart disease: the Framingham study. *The American journal of medicine*, 76(2), 4–12.

- Cenarruzabeitia, J. J., Hernández, J. M., & Martínez-González, M. A. (2003). Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Med Clin (Barc)*, *121*(17), 665–72.
- Choo, J., Elci, O. U., Yang, K., Turk, M. W., Styn, M. A., Sereika, S. M., ... Burke, L. E. (2010). Longitudinal relationship between physical activity and cardiometabolic factors in overweight and obese adults. *European journal of applied physiology*, *108*(2), 329–336.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia and dynapenia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *63*(8), 829–834.
- Colado, J.C. (1996). *Fitness en las salas de musculación*. Barcelona, Inde.
- Colado, J.C. (2004). *Acondicionamiento físico en el medio acuático*. Barcelona, Paidotribo.
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Pellicer, M., Alakhdar, Y., Benavent, J., & Cabeza-Ruiz, R. (2010). A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *International journal of sports medicine*, *31*(11), 810-817. doi:10.1055/s-0030-1262808
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Rogers, M., Tella, V., Benavent, J., & Dantas, E. (2012). Effects of aquatic and dry land resistance training devices on body composition and physical capacity in postmenopausal women. *Journal of Human Kinetic*, *32*, 185-95. doi: 10.2478/v10078-012-0035-3.
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Triplett, T. N., Flandez, J., Borreani, S., & Tella, V. (2012). Concurrent Validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion With Thera-Band Resistance Bands. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(11), 3018–3024.
- Colado, J. C., Pablos, C., Chulvi-Medrano, I., Garcia-Masso, X., Flandez, J., & Behm, D. G. (2011). The progression of paraspinal muscle recruitment intensity in localized and

- global strength training exercises is not based on instability alone. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(11), 1875–1883.
- Colado, J. C., & Triplett, N. T. (2008). Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1441–1448.
- Colado, J. C., Triplett, N. T., Tella, V., Saucedo, P., & Abellán, J. (2009). Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *European journal of applied physiology*, 106(1), 113–122.
- Crapo, R. O., Casaburi, R., Coates, A. L., Enright, P. L., MacIntyre, N. R., McKay, R. T., ... Bittner, V. (2002). *ATS statement: guidelines for the six-minute walk test*. AMERICAN THORACIC SOC 1740 BROADWAY, NEW YORK, NY 10019-4374 USA.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... Schneider, S. M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*, 39(4), 412–423.
- Davidson, M. B., Schriger, D. L., Peters, A. L., & Lorber, B. (1999). Relationship between fasting plasma glucose and glycosylated hemoglobin: potential for false-positive diagnoses of type 2 diabetes using new diagnostic criteria. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 281(13), 1203-1210.
- Documento: Encuesta Nacional de Salud en España 2011-2012 | Sindicato Médico Andaluz. (s. f.). Recuperado 2 de noviembre de 2013, a partir de <http://www.smandaluz.com/documento-encuesta-nacional-de-salud-en-espa%C3%B1a-2011-2012>

- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(2), 459–471.
- Dos Reis, C. M. R. F., de Melo, N. R., Meirelles, E. S., Vezozzo, D. P., & Halpern, A. (2003). Body composition, visceral fat distribution and fat oxidation in postmenopausal women using oral or transdermal oestrogen. *Maturitas*, *46*(1), 59–68.
- Drewnoski, J., & Scott, W. (1966). The Level of Living Index. Geneva, UN Research Inst. *Social Develop.*
- Dubé, J., & Goodpaster, B. H. (2006). Assessment of intramuscular triglycerides: contribution to metabolic abnormalities. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, *9*(5), 553-559. doi:10.1097/01.mco.0000241664.38385.12
- Dugan, E. L., LA DOYLE, T., Humphries, B., Hasson, C. J., & Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 668–674.
- Durstine, J. L., & Haskell, W. L. (1994). Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exercise and sport sciences reviews*, *22*, 477-521.
- Ebeling, P., Bourey, R., Koranyi, L., Tuominen, J. A., Groop, L. C., Henriksson, J., ... Koivisto, V. A. (1993). Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes. Increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. *The Journal of clinical investigation*, *92*(4), 1623-1631. doi:10.1172/JCI116747
- Eckel, R. H., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2005). The metabolic syndrome. *The Lancet*, *365*(9468), 1415–1428.

- Enright, P. L. (2003). The six-minute walk test. *Respiratory care*, 48(8), 783–785.
- Epstein, F. H., & Ross, R. (1999). Atherosclerosis—an inflammatory disease. *New England journal of medicine*, 340(2), 115–126.
- Esteghamati, A., Khalilzadeh, O., Rashidi, A., Meysamie, A., Haghazali, M., Abbasi, M., ... Gouya, M. M. (2009). Association between physical activity and metabolic syndrome in Iranian adults: national surveillance of risk factors of noncommunicable diseases (SuRFNCD-2007). *Metabolism: clinical and experimental*, 58(9), 1347-1355. doi:10.1016/j.metabol.2009.04.019
- Evans, W. J., & Cyr-Campbell, D. (1997). Nutrition, exercise, and healthy aging. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(6), 632–638.
- Evans, W. J., & Lexell, J. (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Special Issue), 11–16.
- Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. (2001). Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 285(19), 2486-2497.
- Fagard, R. H. (2006). Exercise is good for your blood pressure: effects of endurance training and resistance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 33(9), 853–856.
- Fahlman, M. M., Boardley, D., Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. *The*

- Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(2), B54–B60.
- Fernández-Real, J.-M., Ricart-Engel, W., Arroyo, E., Balan\ccá, R., Casamitjana-Abella, R., Cabrero, D., ... Soler, J. (1998). Serum ferritin as a component of the insulin resistance syndrome. *Diabetes Care*, 21(1), 62–68.
- Ferrannini, E., Haffner, S. M., Mitchell, B. D., & Stern, M. P. (1991). Hyperinsulinaemia: the key feature of a cardiovascular and metabolic syndrome. *Diabetologia*, 34(6), 416–422.
- Fischer, C. P., Berntsen, A., Perstrup, L. B., Eskildsen, P., & Pedersen, B. K. (2007). Plasma levels of interleukin-6 and C-reactive protein are associated with physical inactivity independent of obesity. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(5), 580–587.
- Ford, E. S., Giles, W. H., & Dietz, W. H. (2002). Prevalence of the metabolic syndrome among US adults. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 287(3), 356–359.
- Freeman, D. J., Norrie, J., Caslake, M. J., Gaw, A., Ford, I., Lowe, G. D., ... Sattar, N. (2002). C-reactive protein is an independent predictor of risk for the development of diabetes in the West of Scotland Coronary Prevention Study. *Diabetes*, 51(5), 1596–1600.
- Gluckman, P. D., & Hanson, M. A. (2004). The developmental origins of the metabolic syndrome. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 15(4), 183–187.
- Goldstein, L. B., Adams, R., Becker, K., Furberg, C. D., Gorelick, P. B., Hademenos, G., ... Jacobs, B. (2001). Primary prevention of ischemic stroke A statement for healthcare

- professionals from the stroke council of the American heart association. *Circulation*, *103*(1), 163–182.
- Goodpaster, B. H., Carlson, C. L., Visser, M., Kelley, D. E., Scherzinger, A., Harris, T. B., ... Newman, A. B. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *Journal of Applied Physiology*, *90*(6), 2157–2165.
- Gracia, C. R., Sammel, M. D., Freeman, E. W., Lin, H., Langan, E., Kapoor, S., & Nelson, D. B. (2005). Defining menopause status: creation of a new definition to identify the early changes of the menopausal transition. *Menopause*, *12*(2), 128–135.
- Greeves, J. P., Cable, N. T., Reilly, T., & Kingsland, C. (1999). Changes in muscle strength in women following the menopause: a longitudinal assessment of the efficacy of hormone replacement therapy. *Clinical science (London, England: 1979)*, *97*(1), 79–84.
- Group, U. P. D. S. (1998). Tight blood pressure control and risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes: UKPDS 38. *BMJ: British Medical Journal*, 703–713.
- Grundy, S. M. (2011). The metabolic syndrome. En *Atlas of Atherosclerosis and Metabolic Syndrome* (pp. 1–26). Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-5839-6_1
- Guillén del Castillo, M., & Linares, D. (2002). Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. *Médica panamericana. Madrid*. Recuperado a partir de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=QUV.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002969>

- Gulve, E. A. (2008). Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Physical Therapy, 88*(11), 1297–1321.
- Haffner, S. M., Valdez, R. A., Hazuda, H. P., Mitchell, B. D., Morales, P. A., & Stern, M. P. (1992). Prospective analysis of the insulin-resistance syndrome (syndrome X). *Diabetes, 41*(6), 715–722.
- Halldin, M., Rosell, M., De Faire, U., & Hellénus, M.-L. (2007). The metabolic syndrome: prevalence and association to leisure-time and work-related physical activity in 60-year-old men and women. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases, 17*(5), 349–357.
- Hammett, C. J. K., Oxenham, H. C., Baldi, J. C., Doughty, R. N., Ameratunga, R., French, J. K., ... Stewart, R. A. H. (2004). Effect of six months' exercise training on C-reactive protein levels in healthy elderly subjects. *Journal of the American College of Cardiology, 44*(12), 2411-2413. doi:10.1016/j.jacc.2004.09.030
- He, J., Ogden, L. G., Bazzano, L. A., Vupputuri, S., Loria, C., & Whelton, P. K. (2001). Risk factors for congestive heart failure in US men and women: NHANES I epidemiologic follow-up study. *Archives of internal medicine, 161*(7), 996.
- Heath, G. W., Gavin, J. R., Hinderliter, J. M., Hagberg, J. M., Bloomfield, S. A., & Holloszy, J. O. (1983). Effects of exercise and lack of exercise on glucose tolerance and insulin sensitivity. *Journal of Applied Physiology, 55*(2), 512–517.
- Hoeger, W. W., & Hopkins, D. R. (1992). A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Research quarterly for exercise and sport, 63*(2), 191–195.
- Hofman, C., Rice, D., & Sung, H. Y. (1996). Persons with chronic conditions. Their prevalence and cost. *JAMA, 276*, 1473–9.

- Honkola, A., Forsen, T., & Eriksson, J. (1997). Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetologica*, 34(4), 245–248.
- Iannuzzi-Sucich, M., Prestwood, K. M., & Kenny, A. M. (2002). Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(12), M772–M777.
- Jakicic, J. M., Clark, K., Coleman, E., Donnelly, J. E., Foreyt, J., Melanson, E., ... Volpe, S. L. (2001). American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(12), 2145–2156.
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Andersen C. H., Bandholm, T., Thorborg, K., Zebis, M. K., & Andersen, L. L. (2012). Muscle activity during knee-extension strengthening exercise performed with elastic tubing and isotonic resistance. *International Journal of Sports and Physical Therapy*, 7(6), 606-616.
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Andersen C. H., Aagaard, P., & Andersen, L. L. (2013). Muscle activity during leg strengthening exercise using free weights and elastic resistance: Effects of ballistic vs controlled contractions. *Human Movement Science Journal*, 32(1), 65-78.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(5), 889–896.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88.

- Johnston, A. P., De Lisio, M., & Parise, G. (2007). Resistance training, sarcopenia, and the mitochondrial theory of aging. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(1), 191–199.
- José Medrano, M., Cerrato, E., Boix, R., & Delgado-Rodríguez, M. (2005). Factores de riesgo cardiovascular en la población española: metaanálisis de estudios transversales. *Medicina clínica*, 124(16), 606–612.
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2009). Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive medicine*, 48(1), 9-19. doi:10.1016/j.ypmed.2008.10.010
- Kent-Braun, J. A., Ng, A. V., & Young, K. (2000). Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 662–668.
- Khazaei, M., Moien-Afshari, F., Kieffer, T. J., & Laher, I. (2008). Effect of exercise on augmented aortic vasoconstriction in the db/db mouse model of type-II diabetes. *Physiological research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca*, 57(6), 847-856.
- Kirk, A., Mutrie, N., MacIntyre, P., & Fisher, M. (2004). Effects of a 12-month physical activity counselling intervention on glycaemic control and on the status of cardiovascular risk factors in people with Type 2 diabetes. *Diabetologia*, 47(5), 821–832.
- Kraegen, E. W., & Cooney, G. J. (2008). Free fatty acids and skeletal muscle insulin resistance. *Current opinion in lipidology*, 19(3), 235-241. doi:10.1097/01.mol.0000319118.44995.9a
- 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.
- Kwon, H. R., Han, K. A., Ku, Y. H., Ahn, H. J., Koo, B.-K., Kim, H. C., & Min, K. W. (2010). The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women. *Korean diabetes journal*, 34(2), 101–110.
- Laaksonen, D. E., Lakka, H.-M., Niskanen, L. K., Kaplan, G. A., Salonen, J. T., & Lakka, T. A. (2002). Metabolic syndrome and development of diabetes mellitus: application and validation of recently suggested definitions of the metabolic syndrome in a prospective cohort study. *American Journal of Epidemiology*, 156(11), 1070–1077.
- Lakka, H.-M., Laaksonen, D. E., Lakka, T. A., Niskanen, L. K., Kumpusalo, E., Tuomilehto, J., & Salonen, J. T. (2002). The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 288(21), 2709–2716.
- Lakka, T. A., Laaksonen, D. E., Lakka, H.-M., Mannikko, N., Niskanen, L. K., Rauramaa, R., & Salonen, J. T. (2003). Sedentary lifestyle, poor cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(8), 1279–1286.
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D. R., & Harris, T. B. (2010). Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporosis International*, 21(4), 543–559.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., ... Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95(5), 1851–1860.

- Lehman, G. J., Hoda, W., & Oliver, S. (2005). Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swissball. *Chiropractic & Manual Therapies*, 13(1), 14.
- Lemmink, K. A., Kemper, H. C., Greef, M. H., Rispen, P., & Stevens, M. (2003). The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged to older men and women. *Research quarterly for exercise and sport*, 74(3), 331–336.
- Leon, A. S., & Sanchez, O. A. (2001). Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6; SUPP), S502–S515.
- Lexell, J., Downham, D. Y., Larsson, Y., Bruhn, E., & Morsing, B. (1995). Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short-and long-term effects on arm and leg muscles. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 5(6), 329–341.
- Liu, J., Jahn, L. A., Fowler, D. E., Barrett, E. J., Cao, W., & Liu, Z. (2011). Free fatty acids induce insulin resistance in both cardiac and skeletal muscle microvasculature in humans. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 96(2), 438-446. doi:10.1210/jc.2010-1174
- Llisterri Caro, J. L., & Luque Otero, M. (2006). Hipertensión arterial y síndrome metabólico. *SEMERGEN-Medicina de Familia*, 32(2), 73–83.
- López, E. J. M. (2002). *Pruebas de aptitud física* (Vol. 24). Editorial Paidotribo. Recuperado a partir de http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QA10ugcRccgC&oi=fnd&pg=PA13&dq=pruebas+de+aptitud+f%C3%ADsica&ots=mvY-diwub5&sig=VOfdGPBZ3iX35G_xOFwa0XyrMxo

- Maltais, M. L., Desroches, J., & Dionne, I. J. (2009). Changes in muscle mass and strength after menopause. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 9(4), 186-197.
- Manso, J. M. G. (2000). *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento*. Gymnos. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=77169>
- Manson, J. E., Greenland, P., LaCroix, A. Z., Stefanick, M. L., Mouton, C. P., Oberman, A., ... Siscovick, D. S. (2002). Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *New England Journal of Medicine*, 347(10), 716–725.
- Martínez-Hervás, S., Romero, P., Ferri, J., Pedro, T., Real, J. T., Priego, A., ... Ascaso, J. F. (2008). Perímetro de cintura y factores de riesgo cardiovascular. *Revista española de obesidad*, 6(2), 97–104.
- Martins, R. A., Veríssimo, M. T., e Silva, M. J. C., Cumming, S. P., & Teixeira, A. M. (2010). Research Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. Recuperado a partir de <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1476-511X-9-76.pdf>
- Martín-Ventura, J. L., Blanco-Colio, L. M., Tuñón, J., Muñoz-García, B., Madrigal-Matute, J., Moreno, J. A., ... Egido, J. (2009). Biomarkers in cardiovascular medicine. *Revista española de cardiología*, 62(6), 677-688.
- Marwick, T. H., Hordern, M. D., Miller, T., Chyun, D. A., Bertoni, A. G., Blumenthal, R. S., ... Rocchini, A. (2009). Exercise training for type 2 diabetes mellitus impact on cardiovascular risk: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 119(25), 3244–3262.

- Masanés Torán, F., Navarro López, M., Sacanella Meseguer, E., & López Soto, A. (2010). ¿Qué es la sarcopenia? *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 11(1), 14–23.
- McGill, S. M. (1998). Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Physical Therapy*, 78(7), 754–765.
- Moien-Afshari, F., Ghosh, S., Elmi, S., Khazaei, M., Rahman, M. M., Sallam, N., & Laher, I. (2008). Exercise restores coronary vascular function independent of myogenic tone or hyperglycemic status in db/db mice. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 295(4), H1470-1480. doi:10.1152/ajpheart.00016.2008
- Mokdad, A. H., Serdula, M. K., Dietz, W. H., Bowman, B. A., Marks, J. S., & Koplan, J. P. (2000). The continuing epidemic of obesity in the United States. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 284(13), 1650–1651.
- Morley, J. E. (2008). Sarcopenia: diagnosis and treatment. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 12(7), 452–456.
- Myers, J. B., Pasquale, M. R., Laudner, K. G., Sell, T. C., Bradley, J. P., & Lephart, S. M. (2005). On-the-field resistance-tubing exercises for throwers: an electromyographic analysis. *Journal of athletic training*, 40(1), 15.
- Naclerio, A. F. (2005). Entrenamiento de fuerza y prescripción del ejercicio. *Entrenamiento personal, bases fundamentos y aplicaciones (1º ed., pp. 87-133)*. Barcelona: Inde.
- Nicklas, B. J., Hsu, F.-C., Brinkley, T. J., Church, T., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., & Pahor, M. (2008). Exercise Training and Plasma C-Reactive Protein and Interleukin-6 in Elderly People. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(11), 2045–2052.

- Nocon, M., Hiemann, T., Müller-Riemenschneider, F., Thalau, F., Roll, S., & Willich, S. N. (2008). Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 15(3), 239–246.
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Curtin, L. R., McDowell, M. A., Tabak, C. J., & Flegal, K. M. (2006). Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 295(13), 1549–1555.
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., & Flegal, K. M. (2003). Epidemiologic trends in overweight and obesity. *Endocrinology & Metabolism Clinics of North America*, 32(4), 741–760.
- OMS | Estadísticas Sanitarias Mundiales 2013. (s. f.). *WHO*. Recuperado 2 de noviembre de 2013, a partir de http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2013/es/index.html
- OMS | Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. (s. f.). *WHO*. Recuperado 2 de noviembre de 2013, a partir de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/es/index.html>
- Orsatti, F. L., Nahas, E. A., Maesta, N., Nahas-Neto, J., & Burini, R. C. (2008). Plasma hormones, muscle mass and strength in resistance-trained postmenopausal women. *Maturitas*, 59(4), 394–404.
- Pacy, P. J., Dodson, P. M., Beevers, M., Fletcher, R. F., & Taylor, K. G. (1983). The ethnic prevalence of hypertension in a diabetic clinic. *Postgraduate medical journal*, 59(696), 637-640.
- Paluska, S. A., & Schwenk, T. L. (2000). Physical activity and mental health. *Sports medicine*, 29(3), 167–180.

- Paoletti, R., & Wenger, N. K. (2003). Review of the International Position Paper on Women's Health and Menopause A Comprehensive Approach. *Circulation*, *107*(9), 1336–1339.
- Park, Y.-W., Zhu, S., Palaniappan, L., Heshka, S., Carnethon, M. R., & Heymsfield, S. B. (2003). The metabolic syndrome: prevalence and associated risk factor findings in the US population from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Archives of internal medicine*, *163*(4), 427.
- Payette, H., Roubenoff, R., Jacques, P. F., Dinarello, C. A., Wilson, P. W., Abad, L. W., & Harris, T. (2003). Insulin-Like Growth Factor-1 and Interleukin 6 Predict Sarcopenia in Very Old Community-Living Men and Women: The Framingham Heart Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(9), 1237–1243.
- Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of applied physiology*, *98*(4), 1154–1162.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed« Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American geriatrics Society*, *39*(2), 142.
- Pollock, M. L., Franklin, B. A., Balady, G. J., Chaitman, B. L., Fleg, J. L., Fletcher, B., ... Williams, M. (2000). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescriptionan advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, american heart association. *Circulation*, *101*(7), 828–833.
- Polotsky, H. N., & Polotsky, A. J. (2010). Metabolic implications of menopause. En *Seminars in reproductive medicine* (Vol. 28, pp. 426–434). Recuperado a partir de <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/10.1055/s-0030-1262902>

- Prabhakaran, B., Dowling, E. A., Branch, J. D., Swain, D. P., & Leutholtz, B. C. (1999). Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. *British journal of sports medicine*, 33(3), 190–195.
- Pratt, M., Macera, C. A., & Wang, G. (2000). Higher direct medical costs associated with physical inactivity. *The Physician and Sports Medicine*, 28(1). Recuperado a partir de http://www.researchgate.net/publication/41088693_Higher_direct_medical_costs_associated_with_physical_inactivity/file/32bfe50e48dc9dc78c.pdf
- Rauramaa, R., Li, G., & Vaisanen, S. B. (2001). Dose-response and coagulation and hemostatic factors. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6; SUPP), S516–S520.
- Real, J. T., & Carmena, R. (2005). Importancia del síndrome metabólico y de su definición dependiendo de los criterios utilizados. *Medicina Clínica*, 124(10), 376-378. doi:10.1157/13072572
- Reaven, G. M. (1988). Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes*, 37(12), 1595–1607.
- Reaven, G. M. (1993). Role of insulin resistance in human disease (syndrome X): an expanded definition. *Annual review of medicine*, 44(1), 121–131.
- Reaven, G. M. (2003). The insulin resistance syndrome. *Current atherosclerosis reports*, 5(5), 364–371.
- Rennie, K. L., McCarthy, N., Yazdgerdi, S., Marmot, M., & Brunner, E. (2003). Association of the metabolic syndrome with both vigorous and moderate physical activity. *International journal of epidemiology*, 32(4), 600–606.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion

- scale for resistance exercise. *Medicine in Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.
- Rodbard, H. W., Jellinger, P. S., Davidson, J. A., Einhorn, D., Garber, A. J., Grunberger, G., ... Levy, P. (2009). Statement by an American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology consensus panel on type 2 diabetes mellitus: an algorithm for glycemic control. *Endocrine practice*, 15(6), 540–559.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Van Kan, G. A., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., ... Boirie, Y. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 12(7), 433–450.
- Rosenberg, I. H. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *The Journal of nutrition*, 127(5), 990S–991S.
- Rosenberg, I. H., & Roubenoff, R. (1995). Stalking sarcopenia. *Annals of internal medicine*, 123(9), 727–728.
- Roth, S. M., Ferrell, R. E., & Hurley, B. F. (2000). Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia: Sarcopenia in aging. *The Journal of nutrition, health & aging*, 4(3), 143–155.
- Roubenoff, R. (2000). Sarcopenia: A major modifiable cause of frailty in the elderly: Sarcopenia in aging. *The journal of nutrition, health & aging*, 4(3), 140–142.
- Sabatine, M. S., Morrow, D. A., Jablonski, K. A., Rice, M. M., Warnica, J. W., Domanski, M. J., ... PEACE Investigators. (2007). Prognostic significance of the Centers for Disease Control/American Heart Association high-sensitivity C-reactive protein cut points for cardiovascular and other outcomes in patients with stable coronary artery

- disease. *Circulation*, 115(12), 1528-1536.
doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.649939
- Saely, C. H., Koch, L., Schmid, F., Marte, T., Aczel, S., Langer, P., ... Drexel, H. (2006). Adult Treatment Panel III 2001 but not International Diabetes Federation 2005 criteria of the metabolic syndrome predict clinical cardiovascular events in subjects who underwent coronary angiography. *Diabetes care*, 29(4), 901-907.
- Sallam, N., Khazaei, M., & Laher, I. (2010). Effect of moderate-intensity exercise on plasma C-reactive protein and aortic endothelial function in type 2 diabetic mice. *Mediators of inflammation*, 2010, 149678. doi:10.1155/2010/149678
- Sánchez Fernández de la Vega, C. (2010). Diabetes mellitus tipo 2. Metodología en atención primaria. *Clínica e investigación en arteriosclerosis*, 22(5), 220–227.
- Schmidt, M. I., Duncan, B. B., Sharrett, A. R., Lindberg, G., Savage, P. J., Offenbacher, S., ... Heiss, G. (1999). Markers of inflammation and prediction of diabetes mellitus in adults (Atherosclerosis Risk in Communities study): a cohort study. *Lancet*, 353(9165), 1649-1652.
- Selvin, E., Marinopoulos, S., Berkenblit, G., Rami, T., Brancati, F. L., Powe, N. R., & Golden, S. H. (2004). Meta-analysis: glycosylated hemoglobin and cardiovascular disease in diabetes mellitus. *Annals of internal medicine*, 141(6), 421-431.
- Shephard, R. J. (1998). Science and medicine of rowing: a review. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 603–620.
- Shepherd, P. R., & Kahn, B. B. (1999). Glucose transporters and insulin action--implications for insulin resistance and diabetes mellitus. *The New England journal of medicine*, 341(4), 248-257. doi:10.1056/NEJM199907223410406

- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy, 80*(9), 896–903.
- Sigal, R. J., Kenny, G. P., Wasserman, D. H., & Castaneda-Sceppa, C. (2004). Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes care, 27*(10), 2518–2539.
- Simarro Rueda, M., Carbayo Herencia, J. A., Massó Orozco, J., Artigao Rodenas, L. M., Carrión Valero, L., División Garrote, J. A., ... Molina Escribano, F. (2011). Association of insulin resistance with different anthropometric measures and cardiovascular risk factors in a non-diabetic population. *Endocrinología y Nutrición (English Edition), 58*(9), 464–471.
- Smith, R. M., & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of Sports Sciences, 20*(10), 783–791.
- Snowling, N. J., & Hopkins, W. G. (2006). Effects of Different Modes of Exercise Training on Glucose Control and Risk Factors for Complications in Type 2 Diabetic Patients A meta-analysis. *Diabetes Care, 29*(11), 2518–2527.
- Sousa, M. V., da Mata Silva, L. G., Simoes, H. G., Moreno, J. R., & Pacheco, M. E. (2005). Treinamento resistido de oito semanas melhora a aptidão física mas não altera o perfil lipídico de indivíduos hipercolesterolêmicos. *Lecturas: Educación física y deportes, (81)*, 9.
- Sowers, M., Zheng, H., Tomey, K., Karvonen-Gutierrez, C., Jannausch, M., Li, X., ... Symons, J. (2007). Changes in body composition in women over six years at midlife: ovarian and chronological aging. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 92*(3), 895–901.

- Stewart, A., & Sutton, L. (2012). *Body Composition in Sport, Exercise, and Health*. Routledge. Recuperado a partir de http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=f51AWPxliVAC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Body+Composition+in+Sport,+Exercise+and+Health.+&ots=eUbpI4xo_O&sig=SFaL46xOWSifxx_gd1LwzotzAV8
- Stratton, I. M., Adler, A. I., Neil, H. A. W., Matthews, D. R., Manley, S. E., Cull, C. A., ... Holman, R. R. (2000). Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *Bmj*, *321*(7258), 405–412.
- Svendsen, O. L., Hassager, C., & Christiansen, C. (1995). Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism: clinical and experimental*, *44*(3), 369-373.
- Thomas, D. E., Elliott, E. J., & Naughton, G. A. (2006). Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*, *3*. Recuperado a partir de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD002968.pub2/pdf/standard>
- Thompson, P. D., Buchner, D., Piña, I. L., Balady, G. J., Williams, M. A., Marcus, B. H., ... Franklin, B. (2003). Exercise and Physical Activity in the Prevention and Treatment of Atherosclerotic Cardiovascular Disease A Statement From the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*, *107*(24), 3109–3116.
- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K., & Poehlman, E. T. (2000). Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *International journal of*

- obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(2), 226.
- Trémollières, F. A., Pouilles, J. M., & Ribot, C. A. (1996). Relative influence of age and menopause on total and regional body composition changes in postmenopausal women. *American journal of obstetrics and gynecology*, 175(6), 1594-1600.
- Trial, C. (1993). Implications of the diabetes control and complications trial. *Diabetes*, 42, 1555.
- Tuomilehto, J., Lindström, J., Eriksson, J. G., Valle, T. T., Hämäläinen, H., Ilanne-Parikka, P., ... Finnish Diabetes Prevention Study Group. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *The New England journal of medicine*, 344(18), 1343-1350. doi:10.1056/NEJM200105033441801
- Vague, J. (1999). The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. 1956. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 15(1), 89-90; discussion 91.
- Valdivia Cabrera, G. (2011). Encuesta nacional de salud 2009-2010: Enseñanzas y desafíos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 27(1), 5-6. doi:10.4067/S0717-73482011000100001
- Van Pelt, R. E., Evans, E. M., Schechtman, K. B., Ehsani, A. A., & Kohrt, W. M. (2002). Contributions of total and regional fat mass to risk for cardiovascular disease in older women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(5), E1023–E1028.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & nerve*, 25(1), 17–25.

- Verhaeghe, J., Thomsen, J. S., Van Bree, R., Van Herck, E., Bouillon, R., & Mosekilde, L. I. (2000). Effects of exercise and disuse on bone remodeling, bone mass, and biomechanical competence in spontaneously diabetic female rats. *Bone*, 27(2), 249–256.
- Visser, M., Bouter, L. M., McQuillan, G. M., Wener, M. H., & Harris, T. B. (1999). Elevated C-reactive protein levels in overweight and obese adults. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 282(22), 2131-2135.
- Wall, J. C., Bell, C., Campbell, S., & Davis, J. (2000). The Timed Get-up-and-Go test revisited: measurement of the component tasks. *Journal of rehabilitation research and development*, 37. Recuperado a partir de <http://www.rehab.research.va.gov/jour/00/37/1/pdf/wall.pdf>
- Waters, D. L., Baumgartner, R. N., & Garry, P. J. (1999). Sarcopenia: current perspectives. *The journal of nutrition, health & aging*, 4(3), 133–139.
- Welty, F. K. (2001). Women and cardiovascular risk. *The American journal of cardiology*, 88(7), 48–52.
- Wenger, N. K., Speroff, L., & Packard, B. (1993). Cardiovascular health and disease in women. *New England Journal of Medicine*, 329(4), 247–256.
- Whyte, L. J., Ferguson, C., Wilson, J., Scott, R. A., & Gill, J. M. (2012). Effects of single bout of very high-intensity exercise on metabolic health biomarkers in overweight/obese sedentary men. *Metabolism*. Recuperado a partir de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002604951200282X>
- Wijndaele, K., Duvigneaud, N., Matton, L., Duquet, W., Thomis, M., Beunen, G., ... Philippaerts, R. M. (2007). Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic

- syndrome risk in Flemish adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 233.
- Wildman, R. P., Muntner, P., Reynolds, K., McGinn, A. P., Rajpathak, S., Wylie-Rosett, J., & Sowers, M. R. (2008). The obese without cardiometabolic risk factor clustering and the normal weight with cardiometabolic risk factor clustering: prevalence and correlates of 2 phenotypes among the US population (NHANES 1999-2004). *Archives of internal medicine*, 168(15), 1617.
- Williams, J. R. (2008). The Declaration of Helsinki and public health. *Bulletin of the World Health Organization*, 86(8), 650–652.
- Woo, J., Leung, J., Sham, A., & Kwok, T. (2009). Defining Sarcopenia in Terms of Risk of Physical Limitations: A 5-Year Follow-Up Study of 3,153 Chinese Men and Women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(12), 2224–2231.
- Yki-Järvinen, H., DeFronzo, R. A., & Koivisto, V. A. (1984). Normalization of insulin sensitivity in type I diabetic subjects by physical training during insulin pump therapy. *Diabetes Care*, 7(6), 520–527.
- Zavaroni, I., Bonora, E., Pagliara, M., Dall’Aglia, E., Luchetti, L., Buonanno, G., ... Passeri, M. (1989). Risk factors for coronary artery disease in healthy persons with hyperinsulinemia and normal glucose tolerance. *The New England journal of medicine*, 320(11), 702-706. doi:10.1056/NEJM198903163201105

ANEXOS

Anexo 1. Formalización de trabajo con centro de salud familiar

Valdivia, Julio 24 de 2011

Señora Elizabeth Tobar Caballero

Directora CESFAM Dr. Jorge Sabat G.

Presente

Estimada Directora,

Junto con saludar cordialmente, deseo en primer término, agradecer a su persona, su cálida, atenta y gentil atención y consideración, durante reunión de trabajo inductivo, relacionado con desarrollo de Proyecto de Investigación. Al mismo tiempo, de acuerdo a lo convenido, por la presente vengo a informar y solicitar a vuestra institución, lo siguiente:

1.- Colaboración institucional, para obtener datos de personas que pudiesen participar del grupo control y experimental asociado a Proyecto de Investigación que se adjunta, y de esta manera, establecer la población y sujetos de estudio, según perfil de inclusión establecido.

2.- Apoyo institucional, para que a través de su equipo de profesionales, se nos facilite la citación, derivación, reclutamiento y reunión con las personas propuestas.

3.- Establecer un trabajo cooperativo inter institucional, que nos permita acordar una metodología de trabajo de tipo administrativo y técnico, que incorpore aprendizaje mutuo como también, dinámicas y flujos comunicacionales que faciliten la retroalimentación oportuna.

Cabe señalar, que los sujetos involucrados, no serán identificados, sino más bien, los datos se utilizaran en su momento, de manera censal.

Reiterando mis agradecimientos por su gentil y especial atención, le saluda
afectuosamente,



Prof. Mg. Jorge Flández V.

Director Escuela de Educación Física

Facultad Filosofía y Humanidades

Universidad Austral de Chile

Anexo 2. Autorización comité de ética del ministerio de salud para la realización del estudio



MINISTERIO DE SALUD
SERVICIO DE SALUD VALDIVIA
Comité Ética de Investigación

ORD.: Nº 204

ANT.: Carta 08.06.2011

MAT.: Informa

Valdivia, 12, Agosto, 2011

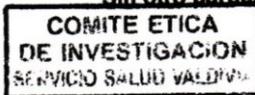
DE: PRESIDENTE COMITE ETICA DE INVESTIGACION
Dra. Ginette Grandjean Obando

A: INVESTIGADOR PRINCIPAL
Sr. Jorge Flández
Director Escuela de Educación Física UACH

En respuesta a documento del antecedente, enviado para aprobación, del Proyecto de Investigación Titulado "Efecto del entrenamiento de fuerza con diferentes materiales sobre el metabolismo, la composición corporal, la aptitud funcional y cambios comportamentales en mujeres adultas y sedentarias con síndrome metabólico". Informo a usted, que en reunión del día 10 de agosto del presente, este comité reviso y Aprobó este proyecto, con la siguiente recomendación:

- ❖ Consignar en el Formulario de Consentimiento Informado los datos de este Comité Ética de Investigación, quién reviso este Proyecto.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.



DRA. GINETTE GRANDJEAN OBANDO
PRESIDENTE COMITE ETICA DE INVESTIGACION
SERVICIO SALUD VALDIVIA

Dra. GGOF/m

C/C:

- Director del Consultorio Jorge Sabat
- Jefe Departamento de Salud, Ilustre Municipalidad Valdivia
- Archivo CEI.
- Archivo carpeta.

Anexo 3. Carta de invitación a los sujetos potenciales para poder participar en el estudio



Valdivia, Octubre 2011

INVITACIÓN

Saludarla cordialmente y al mismo tiempo, informar a usted, que la Universidad Austral de Chile en alianza con el Centro de Salud Familiar Dr. Jorge Sabat, pondrán en marcha durante las próximas semanas, un programa integrado de Actividad Física, destinado a 120 mujeres, entre 40 y 50 años, pacientes del consultorio, orientado a controlar factores de riesgo asociados a la salud y estilos de vida activa. La actividad, se realizará en un gimnasio céntrico de la ciudad y contará con sus evaluaciones respectivas, en días y horarios a coordinar en reunión informativa.

Por lo descrito, hacemos una especial invitación a su persona, para que se informe, inscriba y participe de este Programa de Actividad Física gratuito, del cual estamos seguros será de gran utilidad para su estado de salud y bienestar futuro.

Para informarse de los detalles de este Programa de Actividad Física y sus beneficios, le invitamos a una reunión informativa para el día martes 11 o miércoles 12 del mes de octubre del año en curso, a desarrollarse a las 19:00 hrs en el auditorium del Consultorio, ubicado en el segundo piso del edificio.

Esperando contar con su presencia, y esta actividad se constituya en una oportunidad para mejorar su salud y bienestar, le saluda atentamente;

CESFAM DR. JORGE SABAT G.



ESCUELA EDUCACION FISICA UACH



"...Para empezar un proyecto personal, hace falta motivación. Para terminarlo, hace falta perseverancia y disciplina...". Te esperamos.

Anexo 4. Reuniones de formación con los sujetos de estudio



Anexo 5. Ficha de consentimiento informado

Valdivia, Octubre de 2011

Estudio: Efectos del entrenamiento de fuerza con diferentes materiales sobre el metabolismo, la composición corporal, la aptitud funcional y cambios comportamentales en mujeres adultas y sedentarias con síndrome metabólico.

Investigador Responsable: Prof. Mg. Jorge Flández V. – Director Escuela Educación Física. Universidad Austral de Chile. Cursando Periodo de Investigación Doctoral. Universidad de Valencia. España.

Prof. Tutores : Dr. Juan Carlos Colado Sánchez y Dr. José Devís Devís

Revisado por el Comité Ético Científico del Servicio de Salud Valdivia y autorizado por la Dra. Ginette Grandjean Obando

Estimada amiga usuaria del Consultorio Dr. Jorge Sabat G.:

Junto con saludarla afectuosamente, deseo compartir contigo la siguiente información:

1.- Próximamente, se pondrá en marcha en su Consultorio, una Investigación que pretende evaluar efectos metabólicos, composición corporal, condición física y cambios de comportamientos asociados a la práctica de actividad física específica.

2.- Para ello, se ha diseñado un Programa de trabajo, que contempla el uso de material especial (tubos elásticos y pesas libres) que será ejecutado en el Gimnasio Corpus de Valdivia (ubicado al interior del Gimnasio Bigger) , que estará dirigido por Estudiantes de último año de Educación Física y que tendrá como mes de inicio, la tercera semana del mes de octubre del año en curso, y como fecha de termino, el mes de enero del año 2012. Cada sesión, tendrá como tiempo de duración, aproximadamente 60 minutos.

3.- Existirán 2 grupos de trabajo (Damas , entre 40 y 50 años : Denominados Grupos Experimentales), que, además de participar en el programa de actividad física, será evaluado, de manera gratuita, en el Laboratorio Clínico de la Clínica Alemana de Valdivia y paralelamente, será sometido a pruebas funcionales.

Habrá también, un tercer grupo (Damas, entre 40 y 50 años, denominado Grupo control), que no participara del programa de intervención, pero si podrá acceder de manera gratuita a cada una de las evaluaciones. En total, se consideraran 2 evaluaciones, las que serán distribuidas en el periodo de trabajo. Los grupos se confeccionarán de manera aleatoria.

4.- De acuerdo a lo anteriormente señalado, usted, como usuario de nuestro Consultorio, está siendo invitada a participar de esta investigación. Desde esta perspectiva, se requiere de su consentimiento para asistir a sesiones semanales de actividad física como también, a las evaluaciones respectivas.

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO

Yo, _____

Rut, _____ he sido invitada por el Consultorio Dr.

Jorge Sabat G. y el Prof. Jorge Flández V., Director Escuela de Educación Física de la Universidad Austral de Chile, responsable del Proyecto de Investigación, a participar del estudio *denominado Efectos del entrenamiento de fuerza con diferentes materiales sobre el metabolismo y la aptitud funcional en mujeres adultas y sedentarias con síndrome metabólico.*

Destaco que la información que proporcione es estrictamente confidencial y se usará sólo para propósitos científicos.

Al participar en este estudio, yo estoy en pleno conocimiento de los objetivos de la investigación, y estoy de acuerdo en que la información recolectada se utilice sólo con fines académicos.

Mi participación consistirá en: Asistir a las cuatro (4) sesiones de trabajo práctico en los días y meses señalados (octubre, noviembre, diciembre 2011 y enero 2012); concurrir a la Clínica Alemana de Valdivia para las evaluaciones sanguíneas que corresponda; concurrir a los test de aptitud funcional cuando se indique.

Se me ha explicado, que mi participación al estudio no implica riesgo ni costos, y que mi participación es absolutamente libre y voluntaria.

Finalmente, afirmo que he tenido la oportunidad de realizar todas las consultas y que se me han aclarado mis dudas con respecto al estudio. Si requiero efectuar consultas adicionales, podre contactar al investigador responsable.

Conforme a lo anterior, acepto voluntariamente participar en este estudio.

Nombre participante: _____

Firma participante: _____

Fecha: _____

Nombre y Firma persona que aplica consentimiento informado:

Valdivia, Octubre 2011

Anexo 6. Ficha de antecedentes personales

FICHA SUJETO DE ESTUDIO PROYECTO DE INVESTIGACION - 2011			
<u>ANTECEDENTES PERSONALES:</u>			CODIGO: _____

_____	_____	_____	_____
(Apellido paterno)	(Apellido materno)	(Nombres)	
Fecha de Nacimiento: _____		Lugar: _____	

Cédula de Identidad: _____			

Domicilio en Valdivia: _____			

(Población / calle / pasaje / número)			

Fono en Valdivia: _____		(Comuna)	(Ciudad)
email: _____		(Región)	Cel.: _____

Fono Alternativo: _____		Grupo Sanguíneo: _____	

Actividad actual: Trabaja _____		Estudia _____	Dueña de casa: _____

<u>ANTECEDENTES DE SALUD</u>			
Posee una enfermedad relacionada con el corazón: _____			
Siente dolor de pecho cuando realiza actividad física o por la mañana: _____			
Ha tenido mareos o pérdida del equilibrio: _____			

Tiene Problemas musculares o de huesos: _____			

Usted es diabética: _____			
Padres o hermanos con Diabetes, muerte o infarto antes de los 55 años: _____			

Toma algún medicamento, ¿cuales? : _____			
Hospitalización reciente: _____			

Usted fuma? : _____			

Usted bebe alcohol?: _____			

Usted realiza actividad física: _____			

Usted está en control médico (sector): _____

Cuando fue su última atención en el Centro de salud: _____

Sistema de Salud: Isapre : _____ Fonasa : _____ Otros: _____ ¿ Cual ? : _____

En caso de emergencia avisar a: _____ Fono: _____

ANTECEDENTES DE ESCOLARIDAD:

Año de Egreso E. Básica, Media o Superior : _____ Colegio y Comuna de Egreso: _____

ANTECEDENTES FAMILIARES

ESTADO CIVIL : SOLTERA : _____ CASADA : _____ N° HIJOS : _____ VIUDA : _____

Desarrollas alguna actividad artística. O Social ¿Cuál?: _____

Tienes algún hobby. ¿Cuál?: _____

OTROS ANTECEDENTES

Talla vestuario: _____ **N° Calzado:** _____ **Estatura:** _____ **Peso:** _____

(Firma Sujeto de estudio) : _____

Valdivia, Octubre 2011

Anexo 7. Ficha examen de medicina preventiva adultos – EMPA



EXAMEN DE MEDICINA PREVENTIVA DEL ADULTO

Nº DE FICHA

SECTOR

FECHA

IDENTIFICACION

NOMBRE : SEXO M F

Fecha Nacimiento : Edad: años RUT: -

Dirección : Fono: Previsión:

Personas de 15 años y más

a. Beber problema

¿Consumes bebidas alcohólicas?

No Si AUDIT puntos Consejería según tipo de consumo

b. Tabaquismo

¿Usted fuma?

No Si → Consejería Breve

c. Obesidad

Peso: Kg.

≥ 25-29 Sobrepeso No Si

Talla: Kg.

IMC

≥ 30 Obesidad No Si

Circunferencia Cintura: cm

Mujer ≥ 88 cms No Si

Hombre ≥ 102 cms No Si

Consejería en alimentación saludable y actividad física

d. Hipertensión Arterial

PAS mmHg

≥ 140 mm Hg No Si

PAD mmHg

≥ 90 mm Hg No Si

Referir a Perfil de Presión Arterial

e. Diabetes Mellitas (DM)

Mayor 40 años, obeso o antec. DM en padre, madre o hermanos

Glicemia ayunas mg/dl

100-125 mg/dl No Si

≥ 126 mg/dl No Si

→ Consejería en alimentación saludable y actividad física

→ Referir a confirmación diagnóstica

f. Sífilis en personas con conductas de riesgo

Hombres que tienen sexo con otros hombres, Trabajadores sexuales, los que intercambian drogas Por sexo y las personas en centros de reclusión.

No Si → VDRL o RPR Negativo

Positivo Referir a programa ETS

g. Tuberculosis

¿Ha tenido tos productiva por más de 15 días?

No Si → Baciloscopia

(1ª muestra de inmediato y entrega de 2ª caja)

MUJERES DESDE 25 A 64 AÑOS

Cáncer cervicouterino

Fecha último papanicolaou

PAP Vigente No Si → Toma de PAP

Normal Alterado

PERSONAS DE 40 Y MAS AÑOS

Dislipidemia

Colesterol total mg/dl

200 - 239 mg/dl No Si

≥ 240 mg/dl No Si

Consejería en alimentación saludable y actividad física

Referir a confirmación diagnóstica

MUJERES DE 50 AÑOS

Cáncer de mama

Mamografía

No Si Normal Alterada

Mamografía a otras edades

No Si Normal Alterada

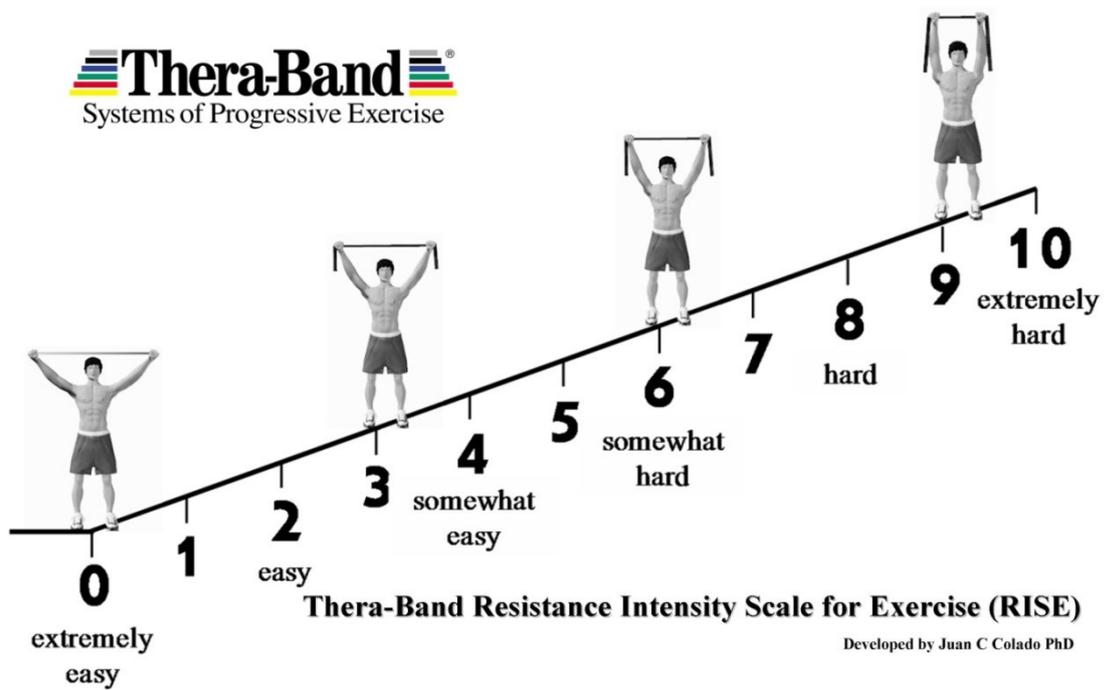
Observaciones : _____

Nombre del responsable : _____ Firma : _____

Anexo 8. Sesión de familiarización de los ejercicios y percepción del esfuerzo



Anexo 9. Pictograma para el control de esfuerzo percibido durante el empleo de tubos elásticos.



Anexo 10. Evaluaciones sanguíneas y funcionales



Anexo 11. Fichas de registro de evaluaciones metabólicas y funcionales

Ficha registro valores APTITUD FUNCIONAL

Apellidos, Nombre: _____

Grupo: _____

TEST	INICIAL Fecha: _____	FINAL Fecha: _____
Sit and reach		
Timed up and go		
Equilibrio monopodal		
Prono bridge		
Side Bridge		
TM6'		
FIMV superior		
FIMV inferior		

Ficha registro valores PARÁMETROS METABOLICOS

Apellidos, Nombre: _____

Grupo: _____

TEST	INICIAL Fecha: _____	FINAL Fecha: _____
Proteína C Reactiva		
Hba1c		
Colesterol total		
cLDL		

Anexo 12. Puesta en marcha del programa de entrenamiento



Anexo 13. Instrumentos utilizados para la medición de los parámetros metabólicos, antropométricos y de aptitud funcional.

Parámetros metabólicos	
Nombre	Imagen
Aguja hipodérmica desechable de 32mm.	
Jeringuilla de plástico desechable de 10ml.	
Cincha compresora.	
Gasa estéril.	
Alcohol etílico de 96 grados.	
Analizador químico Roche modelo Cobas C-311.	
Espectrofotómetro Shimatzu modelo UV160 de doble haz.	
Analizador automático de bioquímica y de pruebas inmunturbidimétricas BT 3500.	
Ficha de registro de datos.	

Parámetros de aptitud funcional

Flexibilidad (Sit and Reach Test)

Cajón de medición de madera con escala graduada.



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores APTEUD FUNCIONAL

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INICIAL	FINAL
	Fecha: _____	Fecha: _____
Si se está		
El nivel de agua		
Equilibrio monopodal		
Prueba de fuerza		
Una prueba		
TRIP		
TRIP superior		
TRIP inferior		

Equilibrio (test de equilibrio monopodal pierna dominante)

Cronómetro digital On Start 300.



Silbato Fox Tremblay.



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores APTEUD FUNCIONAL

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INICIAL	FINAL
	Fecha: _____	Fecha: _____
Si se está		
El nivel de agua		
Equilibrio monopodal		
Prueba de fuerza		
Una prueba		
TRIP		
TRIP superior		
TRIP inferior		

Coordinación general (Timed up and Go Test)

Cronómetro digital On Start 300.



Silbato Fox Tremblay.



Cono Rígido.



Silla.



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores APTEUD FUNCIONAL

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INICIAL	FINAL
	Fecha: _____	Fecha: _____
Si se está		
El nivel de agua		
Equilibrio monopodal		
Prueba de fuerza		
Una prueba		
TRIP		
TRIP superior		
TRIP inferior		

Fuerza Isométrica Máxima Voluntaria de miembros inferiores (media sentadilla) y superiores (remo vertical)

Célula de carga de tracción modelo T20 de AEP.



Tablón de madera.



Barra.



Fijadores barra.



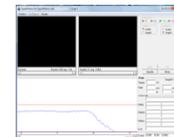
Cadenas de hierro.



Ordenador portátil Compaq 6720s.



Software de registro de señal Signal Frame-AN de Sportmetric.



Fuerza de la musculatura estabilizadora del tronco tanto frontal (Prono Bridge Test) como lateral (Side Bridge Test)

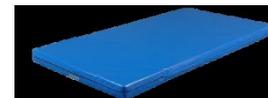
Cronómetro digital On Start 300.



Silbato Fox Tremblay.



Colchoneta PVC



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores **APERTUR FUNDAMENTAL**

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INDICAR	TIEMPO
	Enhor...	Enhor...
30 seg. c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		
1 minuto c/rodilla		

Capacidad aeróbica (Test de Marcha de 6 minutos)

Cronómetro digital On Start 300.



Silbato Fox Tremblay.



Cinta métrica extensible milimetrada de 5 metros.



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores APTEED FUNCIONAL

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INICIAL	FINAL
	Fecha: _____	Fecha: _____
Se está cansado		
Respirar se está agotando		
Respiración normal		
Puntos de apoyo		
Alta energía		
TRM		
FICHA registro		
FICHA valores		

Parámetros antropométricos

Báscula digital Tanita modelo TBF-300^a.



Estadiómetro portátil SECA modelo 217.



Ficha de registro de datos.

Ficha registro valores APTEED FUNCIONAL

Apellidos: _____
 Nombre: _____
 Grupo: _____

TEST	INICIAL	FINAL
	Fecha: _____	Fecha: _____
Se está cansado		
Respirar se está agotando		
Respiración normal		
Puntos de apoyo		
Alta energía		
TRM		
FICHA registro		
FICHA valores		

Anexo 14. Descripción del equipamiento deportivo empleado en el estudio

Nombre del material	Características	Imagen
Plataforma Exercise Station Thera-Band®	Longitud 111,76cm., anchura 22,86cm., altura 5,08cm., peso 6,5Kg. Ligera y fácilmente apilable. Consta de un espacio circular central para colocar fitball, stability trainer o latos de freeman, e incluye 6 puntos de anclaje para enganchar theraband tubing®.	
Exercise tubing® de color rojo (media)	Longitud de 45,5 y 60,96cm. Resistencia de base 1,3Kg al 100% de elongación y 2Kg al 200% de elongación.	
Exercise tubing® de color verde (fuerte)	Longitud de 45,5 y 60,96cm. Resistencia de base de 1,7Kg al 100% de elongación y 2,5Kg al 200% de elongación.	
Exercise tubing® de color azul (extrafuerte)	Longitud de 45,5 y 60,96cm. Resistencia de base de 2,1 al 100% de elongación y 3Kg al 200% de elongación.	
Barra Exercise Station®	Barra acolchada de goma cuya longitud es de 91,44cm.	
Exercise Ball Yellow Pro Series®	Pelota de plástico de 45cm de diámetro con líneas longitudinales en toda la superficie de la misma que permiten un mayor agarre.	
Asas Thera-Band®.	Compuestas por dos cinchas de tela y gomaespuma en el agarre, con aro interior de plástico duro.	
Barra	Barra cromada maciza recta de 140cm, 2,2Kg de peso y un diámetro de 25mm.	
Discos	Discos de goma Salter con aro interior de goma y con dos agarres. Agujero interior de 25mm. Discos de 1,25 y 2,5Kg, de peso.	

Fijadores barra

Pinzas de muelle de cromo O'LIVE con terminaciones en plástico para barras de diámetro 25 mm.



Anexo 15. Recomendaciones generales para toma de muestras sanguíneas según el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia, Chile.

El día anterior al examen:

- Tomar sus comidas ordinarias o habituales.
- No tomar medicamentos innecesarios.
- No ingerir bebidas alcohólicas.

La noche anterior al examen:

- Consumir su última comida entre las 7 - 8:00 p.m.
- En lo posible no fumar.
- Evitar actividad física agotadora.
- Tomar sólo los medicamentos prescritos por su médico.

El día del examen:

- Ayuno entre 10 - 12 horas
- Evitar actividad física agotadora.
- No fumar

Anexo 16. Procedimientos para la extracción de una muestra sanguínea a través de punción venosa establecidos por el Laboratorio de la Clínica Alemana de Valdivia, Chile.

- Durante la extracción de sangre el paciente permanecerá sentado o recostado sobre una camilla; se le pedirá que mantenga extendido uno de sus brazos evitando moverlo mientras se realice la extracción.
- El profesional localizará un vaso del brazo para la punción, generalmente una vena localizada en la cara anterior a la altura de la flexión del codo, colocará una goma elástica inmediatamente por encima del punto de punción para favorecer el llenado de la vena y la posterior extracción de sangre.
- La zona de la punción se desinfecta mediante el uso de una gasa estéril empapada en alcohol. Para tomar la muestra de sangre se utilizan una aguja hipodérmica y una jeringuilla de plástico, ambas desechables.
- Generalmente suele extraerse una pequeña muestra de sangre, de unos 10 cc, aunque estudios especiales pueden requerir una muestra mayor. Tras la punción, se dejará un apósito estéril sobre la zona de la punción y se pedirá al paciente que realice una suave presión durante unos minutos hasta que el punto de punción no presente sangrado.

Anexo 17. Calentamiento estandarizado previo a las sesiones de entrenamiento y test funcionales.

El calentamiento se realizó al inicio de cada sesión de entrenamiento y previo a la realización de las pruebas funcionales. Este fue guiado por los monitores integrantes del equipo de investigación

El calentamiento tipo fue constituido de la siguiente forma:

1. Trote suave cambiando las direcciones: 5 minutos.
2. Movilidad mono y poliarticular de miembros superiores, inferiores y tronco: 2 minutos.
3. Estiramientos pasivos de miembros superiores, inferiores y tronco: 3 minutos.

Anexo 18. Estandarización del estímulo verbal durante el test de 6 minutos marcha.

El estímulo aumenta significativamente la distancia recorrida. Para lograr buena reproductibilidad del examen, este estímulo debe estar estandarizado y debe ser realizado siempre igual.

1. Al iniciar el examen se debe decir al paciente que lo está haciendo ``muy bien``.
2. Al completar 1 minuto se le debe decir: ``lo está haciendo bien, le quedan 5 minutos``.
3. Al completar 2 minutos se le debe decir: ``siga haciéndolo bien, le quedan 4 minutos``.
4. Al completar 3 minutos se le debe decir: ``lo está haciendo bien, ha completado la mitad del tiempo``.
5. Al completar 4 minutos se le debe decir: ``siga haciéndolo bien, le quedan sólo 2 minutos``.
6. Al completar 5 minutos se le debe decir: ``lo haciendo bien, le queda sólo 1 minuto``.
7. Si el paciente se detiene durante el examen y necesita descansar, se le debe decir: ``puede apoyarse contra la pared si lo desea; continúe caminando en cuanto se sienta capaz de hacerlo``.
8. Cuando falten 15 segundos se le debe decir: ``en un momento le voy a indicar que se detenga donde esté, yo iré hasta donde usted se detuvo``.
9. Al finalizar la prueba es importante felicitar al paciente por su esfuerzo. NO debe quedar con una mala experiencia después del examen.

Anexo 19. Tabla resumen programa de entrenamiento

	Noviembre 2011	Diciembre 2011	Enero 2012
Objetivo	Fuerza Resistencia	Fuerza Resistencia	Hipertrofia
N° sesiones/ semana	3	4	4
Método de entrenamiento	Circuito	Circuito	Circuito
N° vueltas circuitos/sesión	3	3	4
N° ejercicios/sesión	10	10	10
N°repeticiones/ejercicio	15	15	10
Exercise tubing® más empleados	Rojo	Verde y azul	Verde y azul
Tipo de ejercicio	Ejercicios Específicos	Ejercicios Específicos	Ejercicios Específicos
Valor escala OMNI – RES para tubos elásticos	7	8	9
Tipo de micropausa inter ejercicio	Activa 30 segundos	Activa 30 segundos	Activa 30 segundos
Tipo de macropausa inter vuelta al circuito	Pasiva 1 minuto	Pasiva 1 minuto	Pasiva 1 minuto

Anexo 20. Batería de ejercicios desarrollados

Los ejercicios realizados en el programa de entrenamiento se muestran a continuación coincidiendo el orden de aparición con el de realización en el desarrollo del programa. En ellos se puede apreciar la posición inicial y final con los dos dispositivos evaluados en el presente estudio.

1- Media Sentadilla



2- Press Banca



3- Press Militar Sentado



4- Remo Inclinado



5- Remo Vertical



6- Press Francés



7- Curl Biceps



8- Tijera Lateral



9- Tijera Frontal



10- El pájaro



Anexo 21. Programa estadístico SPSS versión 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) empleado en análisis de datos.

