

Universidad de la Frontera  
Facultad de Medicina  
Carrera de Kinesiología



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

*¿Cuál es la efectividad que presenta la pliometría combinado con ejercicio resistido, en la mejora del equilibrio y potencia muscular de tren inferior, como intervención en levantadores de pesas de la Región de la Araucanía durante el año 2020?*

**Propuesta ensayo clínico aleatorizado**

Tesis para optar al grado de Kinesiología

Autores: José Chaihueque Arias  
Diego Serrano Solis

Profesor guía: Juan Carlos Vogel

Temuco, noviembre 2018

## **Resumen:**

**Título:** ¿Cuál es la efectividad que presenta la pliometría combinado con el ejercicio resistido, en la mejora del equilibrio y potencia muscular de tren inferior, como intervención en levantadores de pesas de la Región de la Araucanía durante el año 2020?

**Introducción:** Se ha establecido que la Pliometría tiene implicancias en la Potencia Muscular de miembro inferior en distintos deportes, en donde se incluye la Halterofilia. Sin embargo no existe evidencia científica que avale la efectividad de la Pliometría sobre otro factor tan o más importante como lo es el Equilibrio. Mediante una intervención combinada de Pliometría con Ejercicios resistidos propios del levantamiento de pesas, se plantea analizar y cuantificar los efectos que podrían lograrse mediante este protocolo de investigación.

**Objetivo:** Comparar la efectividad entre un protocolo de ejercicio pliométrico combinado a ejercicio resistido y un protocolo de solo ejercicio resistido, en la mejora del equilibrio y potencia muscular, en 60 jóvenes de alguna de las Ramas de Halterofilia de la región de la Araucanía, entre los meses de junio a agosto del año 2020.

**Hipótesis:** Existen diferencias estadísticamente significativas entre la aplicación de un protocolo de ejercicio pliométrico combinado a ejercicio resistido en comparación con la aplicación de un protocolo de ejercicio resistido por sí solo, en cuanto a la efectividad sobre la mejora de Equilibrio y Potencia Muscular.

**Diseño:** Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado en Bloques (grupo control y grupo experimental).

**Material y Métodos:** El estudio se realizará a 60 jóvenes pesistas olímpicos de la región de la Araucanía entre 20 y 25 años de edad que cumplan los criterios de elegibilidad, los cuales se aleatorizarán en dos grupos: experimental (protocolo de ejercicio pliométrico combinado con ejercicios resistidos) y control (protocolo de

ejercicio resistido). Los individuos se evaluarán previo inicio del estudio, a las 4 semanas y al final del estudio (7 semanas).

## Agradecimientos

Quiero comenzar agradeciendo a nuestro profesor guía, Juan Carlos Vogel, por su constante apoyo, paciencia, comprensión, motivación, orientación y entusiasmo por nuestro proyecto. Lo cual nos permitió enfrentarnos de mejor manera a este importante desafío. Y a todas las personas que han ayudado y facilitado a que este proceso concluya de la mejor manera.

Agradecer a nuestras familias por el apoyo que siempre nos han dado, a través de su cariño, preocupación y por siempre creer en nosotros. Agradecer a mi amigo y compañero en este trabajo, Diego, por todo su esfuerzo y dedicación y que a pesar de que fue difícil pudimos salir adelante.

Finalmente, agradecer a todos los que en alguna medida colaboraron a que esta propuesta proyecto de investigación lograra su cometido.

José Chaihueque Arias

Gracias a Dios, por toda la paz y tranquilidad que me brinda. Agradecerle a mi familia, mis maravillosos padres y hermano por su apoyo incondicional, amor, alegría, comprensión, y por ser mi gran fortaleza en todo momento.

Agradecer a mi gran amigo y compañero de tesis, José, por todo su esfuerzo, trabajo, comprensión y paciencia, ya que a pesar de las dificultades logramos salir adelante con optimismo. Y por último agradecer a cada una de las personas que nos brindaron apoyo y consejos para realizar este proyecto de tesis.

Diego Serrano Solis

# Índice

|                                | <b>Página</b> |
|--------------------------------|---------------|
| • <b>Resumen</b> .....         | 1             |
| • <b>Agradecimientos</b> ..... | 3             |
| • <b>Introducción</b> .....    | 10            |

## **Capítulo I: Marco Teórico**

|  |    |
|--|----|
| 1. Entrenamiento deportivo.....  | 12 |
| 1.1. Los Principios de entrenamiento.....                                  | 12 |
| 1.1.1. Principios de supercompensación.....                                | 12 |
| 1.1.2. Principio de progresión.....  | 13 |
| 1.1.3. Principio de especificidad.....                                     | 13 |
| 1.1.4. Principio de la relación óptima entre carga y<br>recuperación ..... | 13 |
| 1.1.5. Principio de calentamiento-vuelta a la calma                        | 13 |
| 1.2. Componentes del entrenamiento.....                                    | 14 |
| 1.2.1. Volumen de entrenamiento.....                                       | 14 |
| 1.2.2. Intensidad del entrenamiento.....                                   | 14 |
| 1.2.3. La frecuencia.....  | 14 |
| 1.2.4. La densidad.....  | 15 |
| 1.3. Mecanismos de adaptación.....   | 15 |
| 1.3.1. Adaptación inmediata.....   | 15 |
| 1.3.2. Adaptación a largo plazo.....                                       | 16 |
| 1.4. Adaptaciones fisiológicas del entrenamiento.....                      | 16 |
| 1.4.1. En el aparato respiratorio.....                                     | 16 |
| 1.4.2. En el sistema muscular.....   | 16 |
| 1.4.3. En el sistema cardiocirculatorio.....                               | 18 |
| 2. Equilibrio y Potencia.....  | 18 |
| 2.1. Coordinación.....   | 18 |
| 2.1.1. Aspectos básicos de la coordinación.....                            | 19 |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.2. Clasificaciones de coordinación.....                                      | 19 |
| 2.1.2.1. Coordinación dinámica general....                                       | 19 |
| 2.1.2.2. Coordinación óculo-segmentaria...                                       | 20 |
| 2.1.3. Equilibrio.....   | 20 |
| 2.1.3.1. Equilibrio estático.....  | 21 |
| 2.1.3.2. Equilibrio dinámico.....  | 21 |
| 2.1.4. Fisiología de la coordinación.....  | 21 |
| 2.1.4.1. Analizadores.....   | 21 |
| 2.1.4.1.1. El analizador kinestésico..   | 22 |
| 2.1.4.1.2. El analizador vestibular...   | 22 |
| 2.1.4.1.3. El analizador táctil.....   | 23 |
| 2.1.4.1.4. El analizador óptico.....   | 23 |
| 2.1.4.1.5. El analizador acústico.....   | 24 |
| 2.1.4.2. Modulación.....   | 24 |
| 2.1.5. Tácticas de coordinación.....   | 25 |
| 2.1.6. Aspectos que influyen en la complejidad<br>de la coordinación motriz..... | 26 |
| 2.2. Fuerza.....   | 27 |
| 2.2.1. Factores que influyen en el desarrollo de la<br>fuerza.....               | 28 |
| 2.2.1.1. La hipertrofia.....   | 28 |
| 2.2.1.2. Tipos de fibras.....  | 30 |
| 2.2.1.3. El reclutamiento de fibras.....   | 31 |
| 2.2.2. Potencia muscular.....  | 32 |
| 2.2.2.1. Salto vertical.....   | 32 |
| 2.2.2.2. Evaluación de potencia muscular....                                     | 34 |
| 3. Métodos de Entrenamiento.....   | 35 |
| 3.1. Pliometría.....   | 35 |
| 3.1.1. Ciclo de acortamiento-estiramiento.....                                   | 37 |
| 3.1.2. Energía potencial elástica.....   | 37 |
| 3.2. Ejercicio Contra-resistencia.....   | 38 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1. Objetivos del entrenamiento<br>contra-resistencia..... | 38 |
|---|----|

## **Capítulo II: Revisión de la literatura**

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Búsqueda y análisis bibliográfico.....                                 | 40 |
| 2.1.1. Estrategia de búsqueda.....  | 40 |
| 2.1.2. Objetivo de la búsqueda.....   | 40 |
| 2.1.3. Identificación del tema central.....                                 | 40 |
| 2.1.4. Estudios que podrían contestar la pregunta....                       | 40 |
| 2.1.5. Tipos de estudios que respondieron a la<br>pregunta de búsqueda..... | 40 |
| 2.2. Búsqueda de información.....   | 41 |
| 2.2.1. Términos libres.....   | 41 |
| 2.2.2. Términos libres + términos MESH.....                                 | 41 |
| 2.3. Artículo seleccionado.....   | 41 |
| 2.4. Análisis crítico ECA.....  | 43 |

## **Capítulo III: Diseño de investigación**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Pregunta de investigación.....    | 46 |
| 3.2. Objetivo general.....             | 46 |
| 3.3. Objetivos específicos.....        | 46 |
| 3.4. Justificación de la pregunta..... | 46 |
| 3.4.1. Factible.....                   | 46 |
| 3.4.2. Interesante.....                | 47 |
| 3.4.3. Novedosa.....                   | 47 |
| 3.4.4. Ética.....                      | 48 |
| 3.4.5. Relevante.....                  | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 3.5. Definición de la población.....     | 49 |
| 3.5.1. Población diana.....              | 49 |
| 3.5.2. Población accesible.....          | 49 |
| 3.6. Criterios de inclusión.....         | 49 |
| 3.7. Criterios de exclusión.....         | 50 |
| 3.8. Diseño de investigación.....        | 50 |
| 3.9. Tamaño de muestra.....              | 52 |
| 3.10. Aleatorización.....                | 53 |
| 3.11. Variables y mediciones.....        | 53 |
| 3.11.1. Variable independiente.....      | 53 |
| 3.11.2. Variable dependiente.....        | 54 |
| 3.11.2.1. Equilibrio.....                | 54 |
| 3.11.2.2. Potencia muscular.....         | 55 |
| 3.11.3. Variables de control.....        | 56 |
| 3.11.3.1. Edad.....                      | 56 |
| 3.11.3.2. Peso.....                      | 56 |
| 3.11.3.3. Talla.....                     | 56 |
| 3.11.3.4. IMC.....                       | 56 |
| 3.12. Descripción del procedimiento..... | 57 |

## **Capítulo IV: Propuesta de análisis estadístico**

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Planteamiento de análisis estadístico..... | 58 |
| 4.1.1. Hipótesis nula.....                      | 58 |
| 4.1.2. Hipótesis alternativa.....               | 58 |
| 4.2. Análisis descriptivo.....                  | 59 |



|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 4.3. Análisis inferencial..... | 60 |
|--------------------------------|----|

## **Capítulo V: Consideraciones éticas**

|   |    |
|---|----|
| 5.1. Principios éticos.....                     | 61 |
| 5.1.1. Autonomía.....                           | 61 |
| 5.1.2. Beneficencia.....                        | 61 |
| 5.1.3. Justicia.....                            | 62 |
| 5.1.4. No maleficencia.....                     | 62 |
| 5.2. Riesgo y beneficios.....                   | 62 |
| 5.3. Autorización del comité de ética.....      | 63 |
| 5.4. Control de los datos.....                  | 63 |
| 5.5. Igualdad en la selección de los datos..... | 63 |
| 5.6. Consentimiento informado.....              | 63 |

## **Capítulo VI: Aspectos administrativos**

|  |    |
|--|----|
| 6.1. Recursos humanos.....             | 65 |
| 6.2. Definición de errores.....        | 65 |
| 6.2.1. Investigadores principales..... | 65 |
| 6.2.2. Kinesiólogo guía.....           | 66 |
| 6.2.3. Kinesiólogo evaluador.....      | 66 |
| 6.2.4. Estadístico.....                | 67 |
| 6.2.5. Secretaria.....                 | 67 |
| 6.2.6. Ayudante.....                   | 67 |
| 6.3. Materiales.....                   | 68 |
| 6.4. Gastos de operación.....          | 69 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 6.5. Programa de actividades..... | 70        |
| 6.5.1. Primera etapa.....         | 70        |
| 6.5.2. Segunda etapa.....         | 70        |
| 6.5.3. Tercera etapa.....         | 71        |
| <b>Bibliografía.....</b>          | <b>72</b> |
| <b>Anexos.....</b>                | <b>74</b> |

## Introducción

Los ejercicios de halterofilia implican ejercer una gran cantidad de fuerza y de la forma más rápida posible, por ende se requiere un alto desarrollo de la potencia muscular. Es una disciplina que requiere de perfeccionamiento técnico, alto desarrollo de fuerza, pero resalta que la fuerza debe ser aplicada con precisión en los diferentes instantes que componen los movimientos, nos referimos a una buena coordinación motora. Esto queda perfectamente ilustrado si pensamos en la ejecución técnica de un levantador de pesas de élite, cuyas acciones se caracterizan por la precisión y elegancia en las que prima la armonía, la sencillez e incluso la estética. Esta imagen nos describe un movimiento de apariencia simple, pero al hacer consciente cada uno de los procesos que actúan, de forma ordenada y conjunta para llevar a cabo dicha técnica, se puede comprender la real complejidad de dicha acción.

Analizar y describir los patrones de movimiento y coordinaciones fundamentales del rendimiento motor, se convierten en prioridad para la comprensión de la competencia motriz de estos deportistas.

Regularmente se utiliza el entrenamiento contra resistencia con pesos, los cuales se basan en cargas de inercia alta, es decir, que aumenta la masa teniendo como efecto el desarrollo de la fuerza máxima. En otros métodos se emplean cargas de inercia relativamente baja, en este caso es la aceleración la que aumenta, teniendo como efecto el desarrollo de la fuerza explosiva, entrenamiento pliométrico. Al analizar la segunda Ley de Newton, se deduce que se puede generar la misma fuerza moviendo una carga pesada (gran masa) con poca aceleración, que moviendo una carga ligera con gran aceleración, aunque la intención del entrenamiento es diferente.

El método pliométrico está diseñado para producir movimientos rápidos, potentes y explosivos, aun así se desconoce si puede tener un rol en el rendimiento de disciplinas que involucran desplazamiento de cargas y aún más sobre su influencia en la coordinación motora.

Es de gran importancia analizar desde un punto de vista crítico los métodos de entrenamiento de fuerza y coordinación, que sin apenas cambios, se han ido utilizando desde hace décadas, y con esto proponer una nueva forma de trabajo más racional, eficaz y con el máximo rigor científico.

## Capítulo I: Marco Teórico

### 1. Entrenamiento deportivo

El entrenamiento deportivo es un proceso pedagógico de guía, donde se produce la elevación del nivel de capacidad del organismo del deportista, para que este aumente hasta los límites alcanzables. (1)

#### 1.1 Los principios de entrenamiento

Son el conjunto de directrices generales, que basadas en las ciencias biológicas, psicológicas y pedagógicas, posibilitan al entrenador la adecuada implantación de los procesos globales de entrenamiento, los métodos y la planificación, así como el control sobre el conjunto del proceso de entrenamiento. (2)

##### 1.1.1. Principio de supercompensación:

Al realizar un esfuerzo físico de manera persistente, se produce una alteración del equilibrio orgánico, representado por la fatiga que experimentamos, produciéndose una disminución de la capacidad funcional.

Cesado el esfuerzo, en el periodo de reposo se ponen en marcha una serie de mecanismos para restaurar la capacidad funcional primitiva, y curiosamente estos mecanismos no se detienen al recuperarla, sino que siguen trabajando, compensando esa disminución que se ha tenido en exceso, con lo que se aumenta la capacidad funcional para la próxima vez que se repita el estímulo.

Posteriormente los procesos regenerativos no solo recuperan el nivel inicial del tejido, sino que lo va a superar. (1)

#### 1.1.2. Principio de progresión:

Hace referencia a la elevación gradual de las cargas de entrenamiento, el aumento del volumen y la intensidad de los ejercicios de entrenamiento realizados, la complejidad de los movimientos y el crecimiento de tensión psíquica. Las cargas de entrenamiento deben relacionarse con el nivel de rendimiento del deportista. (Cometti, 1998)

Las capacidades biomotoras y funciones del organismo, tienen diferente ritmo de desarrollo. En consecuencia, se sugiere la siguiente relación; la flexibilidad mejora día a día, la fuerza semana a semana, la velocidad de mes a mes y la resistencia de año a año. (Ozolin, 1978)

Cuando la carga de entrenamiento se aumenta demasiado deprisa, el organismo no puede adaptarse, con consecuencias perjudiciales para el deportista. (Cometti, 1998)

#### 1.1.3. Principio de especificidad:

Los efectos son característicos al tipo de estímulo de entrenamiento que se utilice en las tareas, es decir, específico al sistema de energía, propio al grupo muscular y al tipo de movimiento de cada articulación. El rendimiento mejora más cuando el entrenamiento es específico a la actividad. (1)

#### 1.1.4. Principio de la relación óptima entre carga y recuperación:

Significa que se necesita un cierto tiempo de recuperación después de una carga eficaz (sesión de entrenamiento). Con el fin de poder soportar nuevamente una carga parecida (siguiente sesión de entrenamiento) en condiciones favorables. (3)

#### 1.1.5. Principio de calentamiento y vuelta a la calma:

El calentamiento debe preceder toda actividad intensa con el fin de; aumentar la temperatura del cuerpo, aumentar el ritmo de respiración del corazón y para prevenir lesiones. La vuelta a la calma es tan importante

como el calentamiento, consiste en una ligera actividad después del trabajo intenso y presenta dos características importantes; favorece la recuperación y ayuda a la circulación en la renovación de los productos de desechos en la sangre. (2)

## 1.2. Componentes del entrenamiento

### 1.2.1. Volumen de entrenamiento:

Es la cantidad total de actividad ejecutada en el entrenamiento. Las partes integrantes del volumen del entrenamiento son:

- La carga elevada por unidad de tiempo (kilogramos).
- El número de repeticiones de un ejercicio o elemento técnico ejecutado en un tiempo dado.
- El tiempo o la duración del entrenamiento cuantificado en segundos, minutos u horas.
- La distancia cubierta medida en metros, kilómetros. (1)

### 1.2.2. Intensidad del entrenamiento:

Es la componente cualitativa del trabajo ejecutado en un periodo determinado de tiempo. A más trabajo realizado por unidad de tiempo, mayor será la intensidad. (1)

En el caso de la halterofilia que es una actividad contra resistencia; se cuantifica la magnitud de la carga (kg).

### 1.2.3. La frecuencia:

Como componente del entrenamiento tiene dos acepciones:

- La frecuencia del estímulo, es la cantidad de estímulos a los que es sometido un deportista en una unidad de entrenamiento.
- La frecuencia del entrenamiento, representa e indica el número de unidades de entrenamiento semanales.

Las capacidades de entrenamiento aumentan más rápido cuanto más frecuente sea el entrenamiento, siempre que la carga exigida en cada una de las unidades de entrenamiento sea eficaz desde el punto de vista del estímulo. (4)

#### 1.2.4. La densidad:

Es la frecuencia con la que un deportista se ve expuesto a una serie de estímulos (entrenamiento), por unidad de tiempo. (2)

### 1.3. **Mecanismos de adaptación**

Adaptación: es la transformación de los sistemas funcionales físicos y psíquicos, que se produce bajo el efecto de cargas externas y la reacción frente a condiciones específicas internas que conducen al individuo hacia un nivel superior de rendimiento. (1)

La adaptación funcional se logra como consecuencia de la asimilación de estímulos sucesivamente crecientes, esto quiere decir que para que se logre una mejora en el umbral de tolerancia de un estímulo, es necesario que estos sean crecientes. Partiendo del principio de que cada deportista tiene un umbral de esfuerzo determinado y un máximo margen de tolerancia, hay que considerar que los estímulos que por su naturaleza débil están por debajo del umbral o excitan suficientemente las funciones orgánicas. (5)

#### 1.3.1 Adaptación inmediata:

Se relaciona con las reacciones del organismo ante un ejercicio determinado. La amplitud de estas reacciones está estrechamente relacionadas con la intensidad de la estimulación y las reservas funcionales en una componente determinada. Estos cambios desaparecen al poco tiempo de terminar el ejercicio. (Cometti, 1998)



### 1.3.2 Adaptación a largo plazo:

Es un proceso acumulativo físico, que se desarrolla a través del ingreso periódico de excedentes morfológico – funcionales (adquirido por el organismo a nivel de reacciones homeostáticas y específicas), en una reestructuración adaptativa fundamentalmente estabilizada.

(Verkhoshansky, 2000)

La adaptación a largo plazo, en el ámbito deportivo, se define como una serie de cambios funcionales permanentes en estructura y función, que es consecuencia de la repetición continuada de estos cambios transitorios.

(1)

## 1.4. **Adaptaciones fisiológicas del entrenamiento**

### 1.4.1 En el aparato respiratorio:

Se producen las siguientes modificaciones; aumento de la capacidad vital, incremento de la profundidad de respiración, aumento de la capacidad de ventilación y disminución del número de respiraciones por minuto. (6)

### 1.4.2 En el sistema muscular:

Dependiendo de la naturaleza (tipo, frecuencia, intensidad y duración) y del estímulo (ejercicio o entrenamiento), la respuesta adaptativa puede tomar diferentes formas:

- Hipertrofia, cuando las fibras aumentan su tamaño pero mantienen su estructura basal, y sus propiedades fisiológicas y bioquímicas. (7) Estas alteraciones de la estructura del músculo provocan un aumento del tamaño muscular (área transversal del músculo). (Schoenfeld, 2010)

La hipertrofia muscular es el resultado de un balance nitrogenado positivo donde la síntesis de compuestos

nitrogenados en el músculo excede a la tasa de degradación. (8)

Las adaptaciones de la hipertrofia muscular requieren de una adecuada ingesta nutricional, fundamentalmente en lo que se refiere a la cantidad y momento de la ingesta de proteínas en relación con el entrenamiento, así como de un entrenamiento con unas cargas óptimas durante una duración de al menos 8 o 12 semanas. (8)

- Remodelación sin hipertrofia, cuando las miofibras no aumentan de tamaño pero sufren modificaciones de sus características estructurales y enzimáticas notorias, que generalmente van acompañadas de cambios en la microvascularización. (7)
- Respuesta mixta, cuando se combina la remodelación con la hipertrofia. (7)

Las adaptaciones musculares inducidas por el entrenamiento tienen implicancias fisiológicas que influyen en la generación de fuerza, velocidad y resistencia a la fatiga. (7)

También se produce en el músculo; aumento de las albuminas contráctiles, incremento de la cantidad de glucógeno y fosfocreatina. Además se genera una mejora de la transmisión del impulso nervioso. (6)

Se observan mejoras en la coordinación intermuscular, esto se refiere al aumento en la capacidad de relajación de la musculatura antagonista mientras se contrae la agonista, lo que origina incrementos en los niveles de fuerza y velocidad de contracción muscular. Por ende, el aumento de la coordinación intermuscular permite el reclutamiento de un mayor número de unidades motoras, en un menor tiempo, y la potenciación de procesos reflejos (como el reflejo miotático), que garantizan una optimización en el desarrollo de la fuerza. (8)

#### 1.4.3 En el sistema cardiocirculatorio:

Se producen los siguientes cambios; aumento de la masa muscular del corazón, aumento del volumen sistólico, reducción de la frecuencia cardiaca, aumento de la cantidad de hematíes disponibles, incremento de un 20/22% de hemoglobina en la sangre, y un aumento de reservas de glucógeno en hígado. (1)

## **2. Equilibrio y Potencia**

Conjunto de aptitudes de la persona, que la posibilitan fisiológica y mecánicamente, para la realización de cualquier actividad física.

En ninguna actividad física, aparecen de forma pura y aislada, sino interrelacionadas entre sí. Cada vez que se realiza un ejercicio se precisa siempre de una fuerza, se ejecuta con una velocidad determinada, con una amplitud dada y en un tiempo también determinado. (1)

### **2.1. Coordinación:**

La coordinación motora es el conjunto de capacidades que organizan y regulan de forma precisa todos los procesos parciales de un acto motor, en función de un objetivo motor preestablecido. Dicha organización se ha de enfocar como un ajuste entre todas las fuerzas producidas, tanto internas como externas, considerando todos los grados de libertad del aparato motor y los cambios existentes de la situación. (9)

Todo movimiento que persigue un objetivo y lo logra, es la resultante de una acción coordinada de desplazamientos corporales, parciales o totales, producto de cierta actividad muscular regulada desde lo sensomotriz y dependientes de los procesos intelectuales y perceptivo - comprensivos del sujeto. (10)

La coordinación motriz es uno de los elementos cualitativos del movimiento, que va a depender del grado de desarrollo del Sistema Nervioso Central, para

controlar el movimiento y los estímulos, además de las experiencias y aprendizajes motores que hayan adquirido en las etapas anteriores. (11)

#### 2.1.1. Aspectos básicos de la Coordinación:

Una interacción óptima la hemos de considerar como uno de los factores responsables de "proporcionar calidad al movimiento" mediante los aspectos básicos de:

- Precisión: en la velocidad y en la dirección a través de la adecuada medida de fuerza que determina la amplitud y velocidad del movimiento. (12)
- Eficacia: en los resultados intermedios y finales. (13)
- Economía: en la utilización de la energía nerviosa y muscular requeridas (13), ya que el desarrollo de la coordinación en tiempo y forma (estructura) adecuadas, posibilita el aprovechamiento económico de los esfuerzos. (10)
- Armonía: en la sinergia o complementariedad de los estados de contracción y des contracción muscular utilizados (13), es decir, la adecuada elección de los músculos que influye en la conducción y orientación del movimiento. (12)

#### 2.1.2. Clasificaciones de Coordinación

Las clasificaciones de coordinación son muy variadas, pero hoy en día se reconocen dos grandes grupos: (López y Garoz, 2004)

##### 2.1.2.1. Coordinación Dinámica General:

Por coordinación dinámica general se entiende la capacidad de poder mover todas las partes del cuerpo de una manera armónica y adaptada a diversas situaciones. (14)

Responsable del ajuste de la globalidad del propio cuerpo que suele, por lo general, implicar locomoción (movimiento con desplazamiento). (13)

Estos movimientos exigen un ajuste recíproco de todas las partes del cuerpo.

La coordinación dinámica general abarca los movimientos globales que comportan un desplazamiento en el espacio de todas las partes del cuerpo: rastrear, gatear, rodar, caminar, correr, saltar, encaramarse, trepar, etc.

Conseguir una buena coordinación dinámica requiere además de organización neurológica correcta dominio del tono muscular, control de la postura y equilibrio, y sensación de seguridad. (14)

#### 2.1.2.2. Coordinación óculo-segmentaria

Los movimientos segmentarios son aquellos en que interviene solo el desplazamiento de una parte o área corporal, inhibiendo los demás. (14)

Integra las aferencias de las diversas modalidades sensoriales con una determinada zona segmentaria corporal localizada en los miembros distales (mano, pie) de los segmentos superiores e inferiores. (13)

#### 2.1.3. Equilibrio

Se entiende como la capacidad de mantener o volver a colocar todo el cuerpo en estado de equilibrio (recuperar la posición del cuerpo) durante o después de la realización de posiciones estáticas o en movimiento. (12)

En todas las actividades físicas, el equilibrio tiene una función muy importante en el control corporal. Un equilibrio correcto es la base fundamental de una buena coordinación dinámica general y de cualquier actividad independiente de los miembros superiores e inferiores. (11)

El tono de mantenimiento postural y sus variaciones controladas por el sistema neuromuscular estabilizan el centro de gravedad en el interior del cuadrilátero de sustentación. Este sistema neuromuscular recibe aferencias propioceptivas, laberínticas y visuales que le informan del

desplazamiento del centro de gravedad y genera las correcciones apropiadas para restablecerlo a su posición estable". (Rigal, 1986)

Existen dos tipos de equilibrio:

#### 2.1.3.1. Equilibrio Estático:

Es el proceso perceptivo motor que busca un ajuste de la postura y una información sensorial exteroceptiva y propioceptiva cuando el sujeto no imprime una locomoción corporal. (11)

#### 2.1.3.2. Equilibrio Dinámico:

Es cuando el centro de gravedad sale de la vertical corporal para realizar un desplazamiento y, tras una acción reequilibradora, regresa a la base de sustentación. (11)

En relación al equilibrio constatamos que nuestra condición bípeda u orto estática supone que el organismo humano asegura el mantenimiento del equilibrio estático y dinámico con el fin de luchar contra la fuerza de la gravedad. (13)

Cualquier trabajo motriz como saltar, desplazarse, lanzar, etc. Necesita una serie de requerimientos en cuanto coordinación y equilibrio, para que así sean movimientos eficaces. Estas dos habilidades son agentes intrínsecas al movimiento, y por lo tanto es imposible realizar una acción motriz, sin que participen estos agentes. (11)

#### 2.1.4. Fisiología de la coordinación:

##### 2.1.4.1. Analizadores:

Los analizadores son los sistemas sensoriales parciales que reciben, codifican, transmiten y procesan la información sobre la base de señales de una modalidad determinada, de acuerdo a cada ocasión.

Cada analizador posee receptores específicos, vías nerviosas aferentes y centros sensoriales hasta llegar al campo de proyección primario en la corteza cerebral. (9)

Para la coordinación motora son importantes cinco analizadores: el kinestésico, el táctil, el vestibular (estático-dinámico), el óptico (visual) y el analizador acústico (auditivo).

El analizador kinestésico y el vestibular forman parte del circuito regulativo interno mientras que los otros tres analizadores pertenecen al circuito regulativo externo. En el circuito interno, la información se mueve exclusivamente dentro del organismo; en el circuito externo, también lo hace parcialmente fuera del mismo. (10)

#### 2.1.4.1.1. El analizador kinestésico:

Anatómicamente, presenta una forma ampliamente ramificada. Sus receptores (llamados propio receptores) se encuentran en todos los músculos, tendones y articulaciones del aparato locomotor humano; sus vías de transmisión son las fibras nerviosas sensitivas, que transmiten las señales recibidas al sistema nervioso central, cumpliendo la función de un canal informativo. Esas vías se caracterizan por su gran velocidad de conducción y, con ello, también por una mayor capacidad de transmisión que la de los canales de los demás analizadores. (Weineck, 1988)

Los propioceptores (receptores kinestésicos) registran señales mínimas como cambios de tensión, velocidades, distancias, etc. ni bien son producidos. Por lo tanto, al registrar los menores cambios y al transmitirlos con gran velocidad están capacitados para diferenciaciones muy sutiles. (10)

#### 2.1.4.1.2. El analizador vestibular:

Es el principal órgano del equilibrio; nos informa acerca de las aceleraciones del cuerpo, y en particular de las aceleraciones

rotatorias. Las señales provienen de las células ciliadas inmersas en la endolinfa de los canales semicirculares y de los otolitos situados en el aparato vestibular. (Manno, 1994)

#### 2.1.4.1.3. El analizador táctil:

Los receptores de este analizador están localizados en la piel. Tiene una gran importancia para la información sobre aquellos movimientos o fases del movimiento que se efectúan en contacto directo con implementos (pelotas, aros, cuerdas, raquetas); con el medio ambiente (aire, agua) o con compañeros o contrarios (lucha). Se obtienen informaciones sobre la forma, tamaño y superficie de los objetos y la resistencia que ejerce el aire o el agua a nuestros movimientos.

Generalmente, es difícil diferenciar las informaciones táctiles de las informaciones kinestésicas, a veces estas últimas son enmascaradas por las sensaciones táctiles simultáneas, de modo que sólo éstas se vuelven conscientes para el individuo. (9)  
Las informaciones de ambos analizadores fluyen entremezcladas. (10)

#### 2.1.4.1.4. El analizador óptico:

Los receptores del analizador óptico y del analizador acústico también son llamados telerreceptores o receptores de distancia, ya que tienen la capacidad de captar aquellas señales cuyo emisor no se encuentra en contacto inmediato con el receptor, o sea, que entre medio se encuentran las ondas lumínicas o sonoras como canal de transmisión. De esta manera, es posible obtener informaciones, no solamente sobre los movimientos propios, sino también sobre los movimientos ejecutados por otras personas. Por este último motivo el analizador óptico adquiere un papel muy importante, sobre todo



en el aprendizaje de movimientos, ya que sobre esa base se hace posible la información motora mediante ejemplos y modelos. (10)

La importancia de la información visual para la coordinación de muchos movimientos es muy grande porque con ella se activan las informaciones kinestésicas disponibles, y en cierto modo también las informaciones táctiles y vestibulares, relacionadas con la acción. El analizador óptico se ha hecho cargo simultáneamente de las experiencias motoras de esos analizadores pudiendo así transmitir informaciones necesarias que, en principio, no se pueden obtener por otras vías. (9)

#### 2.1.4.1.5. El analizador acústico:

Es el analizador por medio del cual se perciben sonidos y ruidos. Se encuentra en el oído. Su contenido informativo es limitado en muchos movimientos y se puede suprimir fácilmente para sobre estimular otros analizadores. (9)

Si bien todos poseen gran importancia, el fundamental es el kinestésico o de las sensaciones motoras. No sólo porque sus receptores se hallan en los músculos, tendones y articulaciones sino porque sus vías de transmisión son las fibras nerviosas sensitivas que poseen una velocidad de transmisión mayor que los demás. (10)

No obstante, funcionan interrelacionados la mayoría de las veces. (9)

#### 2.1.4.2. Modulación:

Se inicia desde el momento en que el individuo decide, propone y se motiva a realizar una acción determinada, los cortex asociativos frontal y parietal son los primeros en activarse. Es aquí donde reside el inicio de la planificación de la acción que se desea alcanzar.

El cortex asociativo frontal se centra en la motivación e interés de la acción a realizar, en cambio el cortex asociativo parietal es el responsable de controlar la estrategia motriz más idónea según sea el contexto de actuación.

A nivel del tálamo con los ganglios de la base y del neo cerebelo se establece la fase de programación, es decir, se comprueba que el estado tónico y postural del organismo sea el óptimo para la acción requerida.

Todos estos datos van a parar a las áreas 6 y 4 del cortex motor frontal y son transmitidos en forma de impulsos nerviosos a la médula espinal, a través de la vía cortico espinal.

A partir de aquí se inicia el movimiento. Si atendemos a un sentido global, integral y/o sistémico de entender nuestra motricidad como ejes inteligentes, constatamos que una vez ejecutado el movimiento, las sensaciones y estímulos que se derivan de él, vuelven en manera de feed back a la zona del tálamo, con lo cual somos capaces de apreciar los posibles errores y los éxitos y poder mejorar las nuevas acciones similares que nos proponamos.

En resumen, la coordinación que implica el desarrollo de un determinado movimiento se nutre del feed back de origen visual, auditivo, propioceptivo, táctil, etc. en relación al conocimiento previo del resultado de la acción. (13)

#### 2.1.5. Tácticas de coordinación:

Al desarrollo de la coordinación se accede por dos vías: (Meinel, 1987)

- a) Por repetición de los movimientos, vía poco económica, ya que solamente se debería trabajar lo que se desea lograr en forma puntual.
- b) Por variación de los movimientos, vía mucho más enriquecedora ya que al mismo tiempo que se aprenden movimientos diferentes, se ejercitan por repetición aquellas fases comunes entre sí y por lo tanto son transferibles a cualquier otra técnica que las posea. (10)

El deportista aprende tanto más rápida y efectivamente una técnica deportiva nueva, se adapta motrizmente en forma más rápida y adecuada a situaciones desacostumbradas o repentinamente cambiantes, y conduce más exactamente sus acciones motoras, cuando más desarrolladas están las cualidades coordinativas. (12)

2.1.6. Aspectos que influyen en la complejidad de la coordinación motriz:

(9)

- La edad, la fase sensible para el desarrollo de la coordinación motriz es de desde los 6-7 años hasta los 11-12.
- El grado de fatiga.
- La tensión nerviosa del momento.
- Nivel de entrenamiento de las cualidades físicas básicas del individuo.
- Según las partes o regiones corporales implicadas en el movimiento. Cuanto más global es un movimiento, mayor dificultad existe en su coordinación.
- La destreza del miembro (zurdos-diestros).
- Según la velocidad de ejecución y/o cambios de ritmo en la ejecución.
- Según los cambios de dirección y sentido.
- La altura del centro de gravedad respecto a tierra y amplitud de la superficie de la base de sustentación del cuerpo. La dificultad de la coordinación aumenta proporcionalmente con la altura de la que se encuentre el individuo.
- Duración del ejercicio, que requerirá mayor o menor grado de memorización.
- Tamaño y forma del móvil, en el caso de que sea utilizado.
- Psiquismo y/o cualidades volitivas como confianza en sí mismo, motivación, voluntad, miedo, etc. (9)

## 2.2. Fuerza:

Algunos autores la definen como la capacidad de vencer una resistencia exterior mediante un esfuerzo muscular. (Muska Mosston, 1980)

Otros como la capacidad para superar resistencias internas o externas mediante esfuerzos musculares, en un gesto deportivo. (Duran, 1994)

La fuerza muscular se establece como la capacidad de los tejidos contráctiles de producir tensión y una fuerza resultante que dependerá de la exigencia a la que se someta el musculo. Es la máxima fuerza medible que un musculo o grupo muscular puede producir para vencer una resistencia en un único esfuerzo máximo, desde el punto de vista de la mecánica: toda fuerza capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, toda fuerza capaz de deformar cuerpos, bien por presión (compresión) o por estiramiento (tensión). Y por consiguiente la fuerza funcional se define como la capacidad del sistema neuromuscular de producir o controlar fuerzas, voluntarias o impuestas durante distintas actividades funcionales de manera suave y coordinada. (15)

Un entrenamiento de fuerza planificado y sistematizado produce una serie de adaptaciones sobre los distintos sistemas y órganos del cuerpo humano. (6)

La magnitud de la acción muscular depende del reclutamiento de UM (espacial y temporal) y de la sincronización con que son dinamizadas. La fuerza será mayor cuantas más unidades musculares sean activadas de forma simultánea. Las UM se movilizan al principio de manera asincrónica debido a que cualquier esfuerzo se produce por impulsos sucedidos de excitación-inhibición. Un programa de entrenamiento que tenga como objetivo la mejora en la intervención de la vía neuronal (coordinación intramuscular) tendrá como objetivos: Favorecer el reclutamiento espacial, es decir, que haya un mayor número de UM. Favorecer el reclutamiento temporal, es decir, la activación rápida de UM. Sincronización o acción simultánea de UM. (6)

Para poder originar movimiento, un músculo se tiene que acortar. Esto se conoce como contracción concéntrica. En una contracción concéntrica puede

producirse una gran cantidad de energía. Sin embargo, si el músculo se alarga antes de la contracción se producirá mayor energía. (Cometti, 1998)

Este efecto necesita que el tiempo de la transición entre la contracción excéntrica y la contracción concéntrica sea muy corto. Es decir, un aumento de la velocidad del ciclo del acortamiento del estiramiento, fundamento de la pliometría. (19)

Si la longitud del sarcómero se modifica, se acorta o se alarga, el grado de solapamiento de los filamentos finos y gruesos también lo hace, repercutiendo en el número de puentes cruzados activos y como consecuencia en la producción de fuerza generada. (Gonzalez Badillo y Ribas, 2002)

Se infiere que el alargamiento muscular condiciona la respuesta del músculo. Si el mecanismo intrínseco para la producción de fuerza es el deslizamiento de los filamentos delgados sobre los filamentos gruesos y la fuerza generada está relacionada con el número de puentes cruzados, mientras mayor sea el número de puentes cruzados, mayor será la fuerza; entonces, la respuesta muscular para buscar altos valores de fuerza está en función del alargamiento muscular óptimo. (Verkhoshansky, 2000)

## 2.2.1. Factores que influyen en el desarrollo de la fuerza

### 2.2.1.1. La hipertrofia:

Es el engrosamiento de las fibras musculares producido como consecuencia de un incremento en el número y talla de las miofibrillas musculares, acompañado de un aumento de la cantidad de tejido conectivo, ligamentos, tendones, cartílagos. (McDonagh y Davies, 1984)

Tiene su explicación en una serie de causas que la generan, por ejemplo; un aumento de las miofibrillas, un desarrollo del tejido conjuntivo, un incremento de la vascularización, un aumento del número de fibras musculares (argumento actualmente en situación de debate).

Se distinguen dos tipos fundamentales de hipertrofia (Verkhoshansky, 2000):

- Hipertrofia sarcoplasmática:

Donde se incrementa el volumen de las proteínas no contráctiles y del sarcoplasma. A pesar de que el área de sección transversal del músculo aumenta, la densidad (cantidad) de fibras musculares por unidad motora se mantiene, por lo que no se genera el deseado incremento de la fuerza del músculo.

- Hipertrofia sarcomérica:

Por medio de la cual se incrementa el tamaño y el número de sarcómeros, además de las propias miofibrillas por lo que aumenta el número de filamentos de actina y miosina disponibles. Al sintetizarse las proteínas contráctiles e incrementarse la densidad de los filamentos, este tipo de hipertrofia se acompaña de un incremento de la fuerza muscular, de ahí que también se le llame hipertrofia funcional o útil.

El aumento del número de sarcómeros puede producirse de dos formas (Cometti, 2000):

- En paralelo (transversalmente):

Como consecuencia de un entrenamiento que busca un incremento de la masa muscular. Este tipo de disposición multiplica la tensión muscular y genera un aumento de la sección transversal del músculo.

- En serie (longitudinalmente):

Se ha analizado en múltiples ocasiones que un músculo inmovilizado en posición de estiramiento es susceptible a aumentar el número de sarcómeros dispuestos en serie (Goldspink, 1985), de ahí que se proponga un trabajo de pesas

con un rango de movimiento lo más amplio posible y unido a estiramientos para desarrollar esta disposición (Cometti, 1998). La disposición de los sarcómeros en serie aumenta la velocidad de contracción, provocando un aumento en la longitud del músculo.

Todas las fibras son propensas a hipertrofiarse tanto las fibras blancas rápidas, como las fibras rojas lentas. Sin embargo, las de contracción rápida tienen mucha mayor capacidad para hipertrofiarse (Thortenson, 1976) y también para atrofiarse más rápida e intensamente que las de contracción lenta (McDougall, 1980).

Por lo tanto, aquellos sujetos con un mayor porcentaje de fibras rápidas tendrán un mayor potencial para incrementar el tamaño de los músculos y para incrementar sus niveles de fuerza.

#### 2.2.1.2. Tipo de fibras:

Las fibras musculares pueden ser clasificadas por el color, las propiedades contráctiles, el contenido de mioglobina, el contenido de enzimas metabólicas y el contenido de mitocondrias.

Las fibras se pueden clasificar en fibras de tipo I rojas, de contracción lenta y fibras del tipo II blancas, de contracción rápida, donde la diferencia en el color se debe al hecho de que las fibras rojas tienen un contenido más elevado de mioglobina.

Las fibras tipo I son de contracción lenta, de mayor resistencia a la fatiga, de color rojizo, con un diámetro menor, con una elevada capacidad oxidativa y con una baja capacidad glucolítica. Son fibras eficientes en el mantenimiento de la postura y para soportar una actividad prolongada de poca intensidad como las carreras de fondo, gracias a que contienen un gran número de mitocondrias y utilizan el ATP lentamente.

Las fibras tipo II se suelen dividir en fibras tipo IIa y la tipo IIb.

Las fibras tipo IIa se denominan también de contracción glucolítica-oxidativa, ya que son capaces de recurrir a mecanismos oxidativos y glucolíticos para conseguir energía. Son fibras capaces de generar movimientos rápidos, repetitivos y son reclutadas después de las fibras de contracción lenta. Tienen un número elevado de mitocondrias por lo que poseen una cierta resistencia a la fatiga recuperándose con bastante rapidez.

Las fibras de tipo IIb son las que se contraen de forma más rápida, son de aspecto blanquecino, tienen un bajo contenido en mioglobina. Estas fibras son de gran diámetro si se las compara con las fibras de contracción lenta, tienen una elevada capacidad glucolítica, una baja capacidad oxidativa y pocas mitocondrias. Se adaptan a los ejercicios de elevada potencia y se reclutan generalmente sólo cuando se requiere un esfuerzo muy rápido o muy intenso. Se fatigan rápidamente y recuperan su energía principalmente después de finalizar el ejercicio.

(7)

#### 2.2.1.3. El reclutamiento de las fibras:

El reclutamiento de las fibras musculares está explicado por la ley de Henneman que muestra como las fibras de contracción lentas son reclutadas antes que las rápidas, cualquiera que sea el tipo de movimiento. Hay en este caso un paso obligado por las fibras lentas, lo que de ninguna manera interesa para movimientos rápidos o explosivos.

Una carga ligera entrena un reclutamiento de las fibras de contracción lenta, una carga mediana recluta las fibras de contracción lenta y las fibras intermedias de tipo IIa, y una carga máxima recluta las fibras lentas, las intermedias y las más rápidas, las de tipo IIb. (Costil, 1980)

Si la intención es entrenar las fibras de contracción rápida, resulta esencial trabajar con una intensidad alta o muy alta. Ahora bien, esta elevada intensidad no depende de la utilización de cargas cercanas a la



fuerza máxima o a 1RM, sino más bien del grado en el que las fibras musculares son reclutadas durante el esfuerzo. Por tanto, los términos contracción rápida y contracción lenta no significan necesariamente que movimientos rápidos recluten exclusivamente fibras de contracción rápida, ni movimientos lentos, fibras de contracción lenta. Con una gran aceleración de la carga, la segunda Ley de Newton establece que la fuerza resultante puede ser elevada. De esta forma, la fuerza máxima producida en una aceleración rápida con una carga de 100 Kg. puede superar fácilmente la fuerza máxima generada con una carga de 150 Kg. con una aceleración más lenta.

#### 2.2.2. **Potencia muscular:**

También denominada fuerza-velocidad y caracterizada por la capacidad del sistema neuromuscular para generar una alta velocidad de contracción ante una resistencia dada

Es fundamental para la ejecución exitosa de un gran número de actividades deportivas, particularmente aquellas de alta intensidad y corta duración, como la halterofilia. En este caso, la carga a superar va a determinar la preponderancia de la fuerza o de la velocidad de movimiento en la ejecución del gesto. (20)

Para la valoración de la fuerza explosiva han sido muy representativos los test de salto vertical, destacando una gran variedad y modificaciones para distinguir la fuerza explosiva propiamente dicha del tren inferior y la intervención de fuerzas elástico-reactivas de la musculatura. (21)

##### 2.2.2.1. **Salto Vertical:**

La capacidad de salto es considerada como una de las acciones básicas del individuo y en ella se conjugan factores como potencia, rapidez, coordinación, fuerza y velocidad. (Acero, 2007)

Desde el punto de vista físico el salto vertical se rige por las mismas leyes que el lanzamiento vertical de proyectiles, donde la altura alcanzada depende de la velocidad inicial de despegue del cuerpo. Simultáneamente la velocidad inicial está determinada por la fuerza impresa sobre el cuerpo de la acción muscular que debe vencer la fuerza de gravedad actuante en el individuo, y requiere ser la máxima posible para poder sobrepasar en mayor medida a la gravedad y alcanzar una mayor altura. (21)

Cuando el individuo está en el aire sólo influyen la fuerza de gravedad y el roce del aire, que frenan el movimiento, cuando se igualan las fuerzas de gravedad y la aplicada por el sujeto, el cuerpo ya no se eleva más y empieza a descender llegando al suelo con la misma velocidad que la inicial. Por lo cual, todo salto posee un tiempo de vuelo medido en segundos y un desplazamiento vertical del centro de gravedad medido en centímetros. (Acero, 2007)

En el salto vertical la fuerza muscular es aplicada contra la base de sustentación, la que resultará en la velocidad inicial de despegue. En ella participan contracciones excéntricas y concéntricas (ciclo acortamiento-estiramiento), donde la primera actúa en la fase de descenso del centro de gravedad, y la contracción concéntrica actúa en la fase de ascenso y despegue del centro de gravedad. (Aguado, 1999)

En la aplicación de esta fuerza de propulsión actúan principalmente los músculos de las extremidades inferiores siendo los más importantes: cuádriceps, flexores plantares del tobillo y en mucha menor medida el glúteo mayor, los que trabajan de manera sinérgica. (Pandy y Cols, 2001)

La relación porcentual de los movimientos segmentarios en el salto vertical son: extensión de rodilla 56%, flexión plantar 22%, extensión de tronco 10%, balanceo de brazos 10%, balanceo de cabeza 2%. (Luthanen y Cols, 1978)

La activación de estos músculos está dada por una acción secuencial que es de proximal a distal, la que imprime su fuerza resultante sobre el centro de gravedad corporal para generar la fase de impulso en el salto vertical. (21)

#### 2.2.2.2. Evaluación potencia muscular:

El Test fue creado por Carmelo Bosco en Italia a principios de la década de los ochenta, su objetivo es evaluar potencia muscular.

La batería del instrumento contempla 6 tipos de salto:

- Counter movement jump (CMJ):

Se realiza partiendo el sujeto desde una posición erguida y con las manos en las caderas. A continuación se realiza un salto hacia arriba por medio de una flexión seguida lo más rápidamente de una extensión de piernas. La flexión de las rodillas debe llegar hasta un ángulo de 90 grados y hay que evitar que el tronco efectúe una flexión con el fin de eliminar cualquier influencia positiva al salto que no provenga de las extremidades inferiores. Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas.

- Squat Jump (SJ)
- Abalakov
- Squat Jump con carga
- Drop Jump (salto desde un nivel vertical)
- Saltos durante 15 segundos

El test más sensible a las adaptaciones inducidas por el entrenamiento pliométrico es el CMJ. (García, 2003)

Condiciones de ejecución:

- Es preciso efectuar un buen calentamiento de la musculatura extensora de las piernas.
- Ejecutar el test en ausencia total de fatiga.
- No se debe permitir el contra movimiento de piernas, ya que es una prueba que valora la fuerza explosiva en ausencia de elementos elástico-reactivos.
- La planta de los pies ha de permanecer durante la fase de impulso pegada al suelo.
- Si se utiliza plataforma de fuerzas es preciso que esté recubierta de una superficie antideslizante. (20)

### **3. Métodos de entrenamiento**

#### **3.1 Pliometría:**

La pliometría es un método de entrenamiento de la fuerza reactiva utilizada para mejorar el rendimiento deportivo, incrementando la velocidad o la saltabilidad de los deportistas. Es un método específico de preparación de la fuerza dirigida al desarrollo de la fuerza explosiva muscular y de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular. (Cometti, 1998)

La base del método pliométrico se apoya en la mejora de la capacidad específica del músculo para conseguir un elevado impulso motor de la fuerza, inmediatamente después de un brusco estiramiento de la musculatura desarrollado durante la fase de frenado del cuerpo del deportista que cae desde una cierta altura, provocando una rápida transición de trabajo muscular excéntrico al concéntrico. (Suarez, 2012)

El músculo puede generar más fuerza durante la fase concéntrica si antes le precede una contracción excéntrica. Durante la fase excéntrica de un movimiento se almacena energía elástica, la cual se libera en la posterior fase concéntrica. (15)

En la fase de impacto con el suelo y de amortiguación, tanto el sistema muscular como el sistema nervioso son requeridos para producir una intensa

actividad contráctil que no es posible conseguir con un impulso voluntario de la fuerza. (22)

Resulta conveniente también tener en cuenta que esta fuerza surgida al final de la fase excéntrica tiene igualmente un efecto fisiológico; la velocidad de estiramiento que se genera en la fase excéntrica trae como consecuencia la disminución del umbral de excitabilidad de las motoneuronas facilitando un mayor reclutamiento, por tanto mayor fuerza. (Komi, 1986)

En los ejercicios pliométricos se producen interacciones del cuerpo del deportista con cuerpos externos, ya sea el suelo, una pared, un implemento, un adversario, lo que evidencia la manifestación del “principio de reacción”, que se deriva de la tercera ley de Newton, en el que se expresa el universal mecanismo de la interacción, postulando que si un cuerpo actúa sobre otro mediante una fuerza, sobre él actuará otra fuerza de igual valor y dirección pero de sentido contrario. (22)

Como consecuencia de la manifestación de este principio, en los ejercicios pliométricos resultaría muy beneficioso aprovechar la fuerza positiva que actúa sobre el segmento que contacta cuando cae el propio cuerpo del deportista o implemento en la fase excéntrica, que surge como reacción a la acción de la fuerza gravitacional. (Verkhoshansky, 2000)

Del fundamento biomecánico dado por la ley universal de la interacción se infiere que la superficie sobre la cual se produce el contacto, no debe ser muy blanda o tener gran capacidad de absorber el choque, ya que ello puede disminuir el almacenamiento de energía elástica en los CES y retrasar el desencadenamiento de la reacción positiva sobre el segmento de trabajo al tocar la superficie de apoyo. (Verkhoshansky, 2000)

Por ende, es importante considerar el gran impacto y estrés que la pliometría supone sobre las estructuras músculo-tendinosas, hace que deba aplicarse con precaución, adaptando siempre la carga a las características del sujeto. (García, 2003)

El componente excéntrico es uno de los principales agentes que contribuyen al daño muscular. (Golden, 1992)

En este tipo de entrenamientos se puede emplear la electromiografía para comprobar el número de UM reclutadas, sincronizadas y su frecuencia de estimulación. Un entrenamiento de este tipo produce durante las primeras seis semanas mejoras en la fuerza muscular mediante adaptaciones nerviosas. Concretamente, se activan más UM y se incrementa la frecuencia de estimulación. (6)

### 3.1.1. Ciclo acortamiento-estiramiento:

La pliometría implica un movimiento excéntrico y concéntrico del músculo, en el que se manifiesta el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA). (Cavagna, 1970)

El ciclo del acortamiento del estiramiento afecta a la respuesta sensorial de los Husos musculares y de los Órganos tendinosos de Golgi (componentes elásticos en serie). Durante el ejercicio pliométrico, el umbral de excitación aumenta enviando señales de limitación cuando el músculo aumenta la tensión. Esto facilita una fuerza de la contracción, con la acumulación de energía elástica, mayor que cualquier otro ejercicio normal de fuerza. (22)

Los Husos musculares están implicados en el “reflejo del estiramiento”. En el final de la contracción excéntrica rápida, el músculo ha alcanzado una gran longitud. Esto hace que los Husos musculares envíen un reflejo de estiramiento, aumentando la energía de la contracción concéntrica siguiente. Produce un impulso que es transmitido a la médula espinal. Aquí se genera una señal que es transmitida al músculo que se contrae. Este tipo de reflejo también se denomina de elongación, de estiramiento, miotático. (22)

### 3.1.2. Energía potencial elástica:

El tránsito de la contracción excéntrica a la concéntrica no es directo, entre el final de la contracción excéntrica y el inicio de la contracción concéntrica hay una contracción isométrica explosiva que dura un tiempo

llamado de acoplamiento. Es este tiempo de acoplamiento quien determina si una acción forma o no parte de la pliometría clásica, la que se acepta si su duración es inferior a 0,15 segundos, en correspondencia con el tiempo de vida de los puentes cruzados de actina-miosina. (Verkhoshansky, 2000)

### 3.2 Ejercicio contra resistencia:

Se define como cualquier tipo de ejercicio activo en el que la contracción muscular, es dinámica o estática. Se aplica contra una fuerza de resistencia máxima que puede ser manual o mecánica. (16)

Este se vuelve fundamental en:

- Programas de rehabilitación para personas con compromiso funcional
- Programas de acondicionamiento para mantener un estado saludable
- Prevenir el riesgo de lesiones o enfermedades
- Mejorar el rendimiento físico

“Elementos clave del rendimiento muscular: Fuerza, Potencia, resistencia”

#### 3.2.1. Objetivos del entrenamiento contra-resistencia: (17)

- Mejorar el rendimiento muscular: recuperar, aumentar o mantener la fuerza, potencia y resistencia
- Incrementar resistencia de los tejidos conectivos: tendones, ligamentos, tejido conectivo intramuscular
- Incremento de la densidad mineral ósea o disminuir la desmineralización ósea
- Incrementar el rendimiento físico en las tareas de la vida diaria, ocupacionales y recreacionales

El ejercicio resistido también:

- Disminuye los niveles de masa grasa
- Disminuye los niveles de ácidos grasos en sangre

- Disminuye la glucemia
- Incrementa la sensibilidad a la insulina
- Disminuye los niveles de citoquinas inflamatorias
- Mejora el gasto cardiaco y la funcionalidad endotelial, regulando la tensión arterial e incrementando el consumo de oxígeno. (8)

Diferentes combinaciones de las variables que componen el entrenamiento, como por ejemplo el número de repeticiones por serie, número de series y descanso entre series, originan diferentes respuestas fisiológicas. (18)

En cuanto al entrenamiento de fuerza, la referencia más utilizada es la Repetición Máxima (RM). La RM es la cantidad de kg que un sujeto puede desplazar una, y sólo una vez en un ejercicio determinado. Así, las intensidades relativas de entrenamiento se expresan en %RM según el grado de esfuerzo al que se desee trabajar.

La medición de la RM puede ser notablemente imprecisa, pues constituye un esfuerzo máximo que requiere de la mayor voluntad del sujeto.

Cada porcentaje de 1RM tiene su correspondiente velocidad de ejecución. Por lo tanto, medir la velocidad de ejecución nos permite conocer con alta precisión qué porcentaje de 1RM está utilizando el sujeto nada más realizar a la máxima velocidad posible la primera repetición con una carga dada. (16)



## Capítulo II: Revisión de la literatura

### 2. Búsqueda y análisis bibliográfico:

#### 2.1 Estrategia de búsqueda:

La búsqueda sistemática de información se realizó a través de la base de datos Medline. Se utilizó como guía general la pregunta de búsqueda:

- ¿Cuál es el efecto del ejercicio pliométrico en equilibrio y potencia muscular, como intervención en levantadores de pesas?

##### 2.1.1 Objetivo de la búsqueda:

Determinar el efecto de la pliometría en el equilibrio y potencia muscular de levantadores de pesas.

##### 2.1.2 Identificación del tema central:

Pliometría en levantadores de pesas

##### 2.1.3 Estudios que podrían contestar la pregunta:

- Experimentales
- Ensayos Clínicos
- Observacionales analíticos
- Revisiones sistemáticas de ensayos clínicos con Meta-análisis

##### 2.1.4 Tipos de estudios que respondieron a la pregunta de búsqueda:

Ensayo clínico, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos con meta-análisis principalmente.

## 2.2 Búsqueda de información:

### 2.2.1 Términos libres:

((("weight lifter" OR "weight lifting") AND ("plyometric exercise" OR "physical exercise") OR ("resistance training") AND ("muscle power" OR "muscular power" OR "coordination")))

Resultados: 337 artículos

#### Filtros utilizados:

- Humanos.
- 10 años fecha de publicación.
- Young adults: 19-24 años.

Resultados: 60 artículos

### 2.2.2 Términos libres + Términos MESH:

((("Weight Lifting"[Mesh] OR "weight lifting") AND ("plyometric exercise" OR "physical exercise" OR "Plyometric Exercise"[Mesh]) AND ("muscle power" OR "balance")))

Resultados: 5 artículos

Selección final: 1 artículo

## 2.3 Artículo seleccionado:

**“El levantamiento de pesas olímpico y el entrenamiento pliométrico con niños proporcionan mejoras de rendimiento similares o mayores que el entrenamiento de resistencia tradicional.”**

### **Resumen del estudio:**

Varias organizaciones recomiendan que se puedan implementar técnicas

avanzadas de entrenamiento de resistencia (RT) con niños. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del levantamiento de pesas de estilo olímpico (OWL), los ejercicios pliométricos y los programas tradicionales de RT con niños. 63 niños (de 10 a 12 años) fueron asignados al azar a un programa de control OWL, pliométrico o RT tradicional de 12 semanas. Las pruebas previas y posteriores al entrenamiento incluyeron el índice de masa corporal (IMC), la suma de pliegues cutáneos, el salto de contra movimiento (CMJ), el salto horizontal, el equilibrio, los tiempos de velocidad de 5 y 20 m, la fuerza isocinética y la potencia a 60 y 300 ° s (-1). Las inferencias basadas en la magnitud se utilizaron para analizar la probabilidad de que un efecto tenga un tamaño de efecto estandarizado (de Cohen) superior a 0.20. Todas las intervenciones fueron generalmente superiores al grupo control. El levantamiento de pesas olímpico tenía una probabilidad > 80% de proporcionar mejoras sustancialmente mejores que el entrenamiento pliométrico para CMJ, salto horizontal y tiempos de esprint de 5 y 20 m, mientras que > 75% probablemente superaría sustancialmente la RT tradicional para el equilibrio y la potencia isocinética a 300 ° s (-1). El entrenamiento pliométrico tenía > 78% de probabilidades de obtener adaptaciones de entrenamiento sustancialmente mejores que la RT tradicional para el equilibrio, la fuerza isocinética a 60 y 300 ° • s (-1), la potencia isocinética a 300 ° • s (-1), y 5 y 20 m sprints. La RT tradicional solo superó el entrenamiento pliométrico para el IMC y la potencia isocinética a 60 ° s (-1). Por lo tanto, OWL y los ejercicios pliométricos pueden proporcionar adaptaciones de rendimientos similares o mayores para los niños. Se recomienda que cualquiera de las 3 modalidades de capacitación se pueda implementar bajo supervisión profesional con progresiones de capacitación adecuadas para mejorar las adaptaciones de la capacitación en los niños.

## 2.4 Análisis Crítico ECA

|  |   |
|--|---|
| <b>¿Son válidos los resultados del ensayo?</b>   |   |
| <b>¿Se orienta el ensayo a una pregunta claramente definida?</b>   | <p>Si, puesto que la población está bien definida, consistente en 63 niños (de 10-12 años), donde se realizó una intervención de levantamiento de pesas olímpico y pliometría para estipular efectos en el rendimiento, similares o mayores que en el entrenamiento de resistencia tradicional.</p> <p>Se consideró como variables de resultado: equilibrio, antropometría y potencia muscular.</p> |
| <b>¿Fue aleatoria la asignación de los pacientes a los tratamientos?</b>                                     | <p>Si, se asignaron los sujetos al azar, tanto en el grupo de control como experimental, en donde se mantuvo oculta la secuencia de aleatorización (enmascaramiento), evitando así cualquier sesgo de selección de los individuos.</p>  |
| <b>¿Fueron adecuadamente considerados hasta el final del estudio todos los pacientes que entraron en él?</b> | <p>Si, se les realizó a ambos grupos un seguimiento de 12 semanas, donde se realizaron evaluaciones en la pre-interpost intervención. En ningún momento se interrumpió el estudio y los sujetos que fueron asignados en los grupos, fueron analizados y evaluados.</p>  |
| <b>¿Son válidos los resultados del ensayo?</b>   |   |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>¿Se mantuvo el cegamiento a:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Los pacientes.</i></li> <li>• <i>Los clínicos.</i></li> <li>• <i>El personal del estudio.</i></li> </ul> | <p>No se sabe, no existe la información</p>   |
| <p><b>¿Fueron similares los grupos al comienzo del ensayo?</b></p>  | <p>No, al realizar la intervención varió al finalizar el estudio con respecto del comienzo del ensayo la composición corporal, la cual se evaluó mediante la antropometría para pesquisar tales cambios, que presentaron los individuos durante las 12 semanas de intervención.</p>                                     |
| <p><b>¿Al margen de la intervención en estudio los grupos fueron tratados de igual modo?</b></p>  | <p>No se sabe, no existe la información</p>   |
| <p><b>¿Cuáles son los resultados?</b></p>   |   |
| <p><b>¿Es muy grande el efecto del tratamiento?</b></p>   | <p>En relación a la capacidad de salto, el efecto fue mayor respecto de la mejora de fuerza en el parámetro pliométrico. Con respecto al equilibrio fue una mejora moderada. Se midió la capacidad de salto (mt), potencia muscular y equilibrio, estos desenlaces medidos son parte del protocolo de intervención.</p> |
| <p><b>¿Cuál es la precisión de este efecto?</b><br/><i>¿Cuáles son sus intervalos de confianza?</i></p>   | <p>95% (0.0–1.2, 0.64)</p>  |
| <p><b>¿Puede aplicarse estos resultados en tu medio o población local?</b></p>  | <p>No, se trata de un grupo etario mucho menor (10-12 años), no son sujetos con características similares a los criterios</p>   |

|   |   |
|---|---|
|   | de inclusión que planteamos, por ejemplo: el hecho de que hayan realizado al menos 1 año de levantamiento olímpico  |
| <b>¿Pueden ayudarnos estos resultados?</b>  |   |
| <b>¿Se tuvieron en cuenta todos los resultados de importancia clínica?</b>  | Si, se tuvieron en cuenta los que determinan alguna variación en la composición corporal de los sujetos mediante la intervención, y los efectos de la realización de algún deporte en específico o alguna actividad física preestablecida por los evaluadores.  |
| <b>¿Los beneficios a obtener justifican los riesgos y los costos?</b><br><i>Es improbable que pueda deducirse del ensayo pero, ¿qué piensas tú al respecto?</i> | Si, según nuestro criterio consideramos que si se justifican los beneficios por sobre los riesgos y costos, ya que se plantea una intervención de un tipo de entrenamiento, el cual podría tener un efecto sobre las cualidades físicas de los individuos del estudio. Los beneficios superan las desventajas o posibles efectos negativos. |

## Capítulo III: Diseño de investigación

### 3.1 Pregunta de investigación

*¿Cuál es la efectividad que presenta la pliometría combinado con el ejercicio resistido, en la mejora de equilibrio y potencia muscular de tren inferior, como intervención en levantadores de pesas de la región de la Araucanía durante el año 2019?*

### 3.2 Objetivo general:

- Realizar una intervención de pliometría combinado con ejercicio resistido, y analizar la efectividad en la mejora de equilibrio y potencia muscular de tren inferior, de levantadores de pesas de la región de la Araucanía durante el año 2020.

### 3.3 Objetivos específicos:

- Analizar la efectividad que se producen en la mejora del equilibrio de miembro inferior a través de Biodex Balance System, al comparar resultados de pliometría combinada con ejercicio resistido y el entrenamiento convencional de halterofilia.
- Establecer diferencias que se producen en la potencia muscular de miembro inferior a través del test de Bosco, al comparar resultados de pliometría combinada con ejercicio resistido y el entrenamiento convencional de halterofilia.

### 3.4 Justificación de la pregunta:

#### 3.4.1 Factible:

Ambos entrenamientos, tanto el grupo control como el de intervención, se

podrá llevar a cabo en dependencias del gimnasio olímpico de la Universidad de la Frontera.

En cuanto a recursos materiales, las plataforma de salto y Biodex Balance System, serán costeadas mediante la postulación a fondos concursables, tales como el FONDECYT (principal fondo público del Gobierno de Chile, dependiente de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) o Fondos de la Universidad.

En lo que respecta al equipo de investigación, éste contará con el tiempo suficiente, los conocimientos necesarios y las competencias para desarrollar la investigación.

Por último, la población en estudio será obtenida de las ramas de Halterofilia de la región de la Araucanía.

#### 3.4.2 Interesante:

La pliometría en la actualidad ha adquirido gran aceptación como metodología de entrenamiento en distintos deportes, con efectos positivos en cuanto a rendimiento deportivo.

Se sabe que tiene efectos beneficiosos sobre la potencia muscular, la cual es un parámetro primario en la halterofilia. Sin embargo, no existe evidencia suficiente que demuestre si realmente genera cambios significados en el rendimiento deportivo de un deporte que involucra desplazamiento de cargas.

Tampoco existe evidencia clara sobre si existe un efecto positivo o negativo sobre el equilibrio muscular de tren inferior.

#### 3.4.3 Novedosa:

Debido a que no existe evidencia de calidad que demuestre la verdadera efectividad de la pliometría sobre equilibrio y potencia muscular, en comparación a un entrenamiento convencional de resistencia por sí solo, en donde sólo se ha comprobado su cambio en la potencia muscular.

La pliometría es un método que no se realiza de manera habitual en los CER (Centro de Entrenamiento Regional) de nuestro país. De acuerdo a los



resultados que puede proporcionar este estudio (favorable o desfavorable), podría comenzar a implementarse en centros de entrenamiento de levantamiento olímpico de nuestro país, comenzando como pionera en las ramas de Halterofilia de la región.

#### 3.4.4 Ética:

En la realización de este estudio se respetan los principios fundamentales de la investigación en humanos, los cuales son: Principio de Autonomía, Beneficencia, Justicia y No Maleficencia.

Las intervenciones no presentan riesgos para la salud de los participantes. Las personas que se incluirán al estudio, contarán con su consentimiento informado. Además, el beneficio potencial de la intervención terapéutica supera posibles riesgos asociados a esta. En tanto se realizaran las pautas de entrenamiento serán individualizadas respetando los procesos (macro y micro ciclos de entrenamiento) además de las cargas correspondientes a este.

#### 3.4.5 Relevante:

Es relevante ya que será un aporte para el conocimiento científico y un avance para líneas de investigación futuras, sobre la pliometría como forma de entrenamiento. Además con nuestros resultados generamos un aporte en el desarrollo y perfeccionamiento de un entrenamiento eficaz en este tipo de disciplina, lo que permitirá mejorar el desempeño deportivo de los deportistas de la región de la Araucanía.

Este estudio nos permitirá obtener información válida y confiable para su posterior implementación, dado que los ensayos clínicos poseen el mayor nivel de evidencia en cuanto a investigación

### **3.5 Definición de la población:**

#### **3.5.1 Población diana:**

Es el grupo de personas a las que se extrapolarán los resultados de dicho estudio.

En nuestro estudio serán levantadores de pesas de 20 a 25 años.

#### **3.5.2 Población accesible:**

Se define como el sub grupo, o la población que está disponible para realizar el estudio y está definida por características temporales y geográficas.

En nuestra investigación corresponde levantadores de pesas de la región de la Araucanía entre 20 y 25 años que lleven al menos un año asistiendo a alguna rama de halterofilia de la región de la Araucanía de manera regular.

### **3.6 Criterios de inclusión:**

- Levantadores de pesas de la región de la Araucanía, las variables a estudiar son de vital importancia para el rendimiento deportivo de estos deportistas, utilizaremos el factor "motivación" para asegurar el compromiso de los participantes con el estudio.
- Edad 20-25 años, la cual es una edad preponderante del apogeo competitivo deportivo.
- Pertenecer al menos 1 año en alguna rama de halterofilia de la región de la Araucanía, para asegurar que los deportistas asistan de manera regular a los entrenamientos y que tengan al menos, un dominio básico de la técnica deportiva.
- Entrenamiento al menos 3 días a la semana de un total de 5 días. Para obtener resultados homogéneos entre los participantes.
- Ser hombre, es un deporte dominado en su mayoría por el sexo masculino. Además las adaptaciones al entrenamiento deportivo varían según el sexo.

- Deportista sometido a una evaluación inicial, consistente en un test de Bosco y Biodex Balance System, para comparar cambios antes y después de la intervención.
- Consentimiento informado firmado por el deportista.

### 3.7 Criterios de exclusión:

- Poseer lesiones previas (data de 1 año), que puedan afectar la integridad física del participante y los resultados del estudio.
- Consumo de algún esteroide anabólico o sustancia ilícita que aumente el rendimiento deportivo, que afectaran directamente los resultados del estudio.
- Que no realice otro deporte de manera regular, que pueda influir en el estado físico del deportista, por ende, en los resultados del estudio.

### 3.8 Diseño de investigación:

El diseño de investigación que nosotros trabajaremos es un ensayo clínico controlado aleatorizado (ECA).

Es un estudio de diseño paralelo con dos grupos, que consiste en la selección de una muestra de pacientes y su asignación de forma aleatoria a uno de los dos grupos.

Uno de ellos recibe la intervención de estudio y el otro la de control que se utiliza como referencia o comparación.

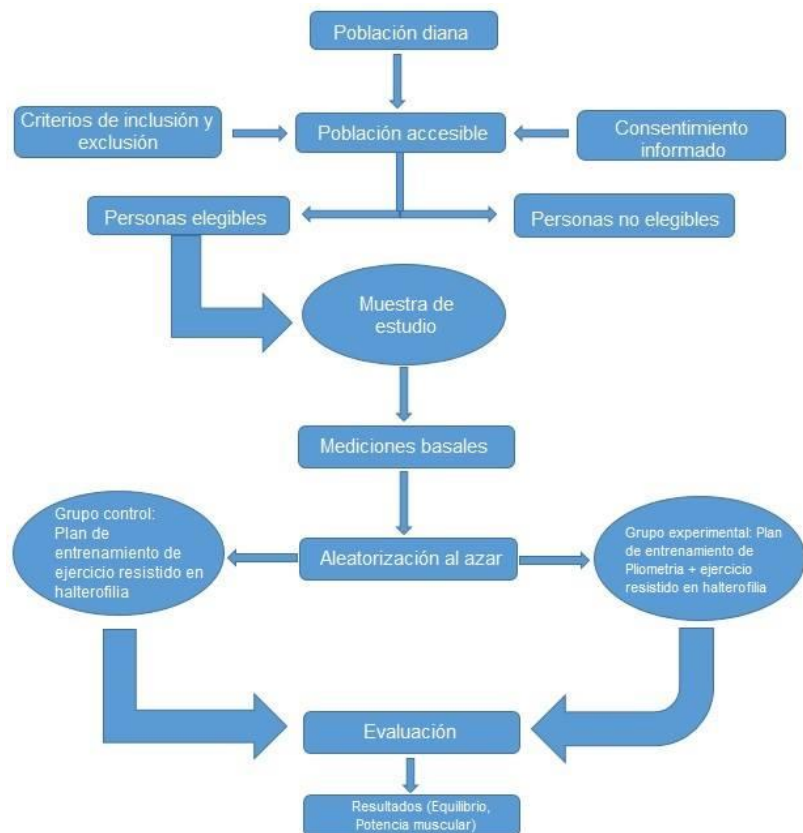
Ambos grupos se siguen de forma recurrente durante un período determinado, comparando y cuantificando las respuestas observadas en ambos.

El ensayo clínico aleatorizado es el mejor diseño disponible para evaluar, ya que es el que proporciona la evidencia de mayor calidad a cerca de la existencia de una relación causa-efecto entre dicha intervención y la respuesta observada.

La asignación de la maniobra de intervención mediante mecanismos de aleatorización en sujetos con características homogéneas que permiten garantizar la comparabilidad de poblaciones.

Las ventajas que presentan los ECA son:

- Proporciona la mejor evidencia de una relación causa-efecto.
- Proporcionan un mayor control del factor de estudio.
- La asignación aleatoria tiende a producir una distribución equilibrada de los factores pronóstico que pueden influir en el resultado (potenciales factores de confusión), formando grupos comparables; de este modo permite aislar el efecto de la intervención del resto de factores.



Flujograma; Fuente: Creación propia

### 3.9 Tamaño de muestra:

Al calcular el tamaño de muestra realizaremos previamente un estudio piloto, ya que no existen publicaciones anteriores disponibles en la literatura que relacionen ambos conceptos; Pliometría y Ejercicio resistido que aporten datos verídicos acerca de si se potencian al usarlos en conjunto o si se establecen diferencias entre ambos al aplicarlos en este grupo de población.

El estudio piloto será útil para detectar las deficiencias inherentes al estudio principal. Una vez recolectados y analizados los datos encontrados en la investigación piloto, debemos realizar los ajustes y precisiones que en nuestro criterio eliminen o reduzcan los errores detectados. De esta forma, a partir de este estudio piloto conseguiremos la información necesaria para calcular la muestra del ensayo clínico que se planteó previamente.

La muestra establecida considerará como mínimo 60 sujetos. Para establecer el ingreso de los sujetos al estudio piloto se considerarán los mismos criterios de elegibilidad del estudio principal. Aquellos se distribuirán en un grupo de control y un grupo experimental (intervención), de 30 participantes cada uno, utilizando la aleatorización en bloques.

Los resultados obtenidos en el estudio piloto, se analizarán con el programa Stata 12, con los siguientes datos:

- Nivel de confianza: 95%,
- Potencia: 80% obteniendo la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta es falsa
- Error alfa: 5% (0.05) es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo verdadera, es decir un falso positivo
- Error Beta: 20% es cuando el investigador acepta la hipótesis nula siendo falsa

Mediante los datos obtenidos se calculará el tamaño.

### 3.10 **Aleatorización:**

La forma más apta para asignar la aplicación de la intervención a los sujetos bajo investigación es la aleatorización por medio del azar. La aleatorización es una forma de incrementar la probabilidad de que los grupos sean más homogéneos en sus características basales, y que cada sujeto tenga igual probabilidad de pertenecer a un grupo u otro.

Utilizaremos el método de aleatorización en bloques, puesto que debido a su capacidad permite asegurar un número equivalente de individuos en cada grupo establecido. Asignamos la mitad de los participantes a un grupo y el resto al otro. Así se garantiza que el número de participantes en cada grupo sea similar.

La aleatorización requiere cumplir con dos características imprescindibles:

- Que las intervenciones se distribuyan realmente al azar
- Que al asignarlas sean resistentes a la manipulación, con el fin de evitar sesgo en esta investigación propiamente tal.

Para lograr esta aleatorización se usara el software estadístico STATA 12, en el cual se ingresaran los sujetos, y de forma automática se asignaran los grupos. De este modo obtendremos un grupo control que recibirá el ejercicio resistido y un grupo de intervención que además del anterior se le sumara la pliometría dentro de la planificación de los entrenamientos a aplicar en los individuos.

### 3.11 **Variables y mediciones:**

#### 3.11.1 Variable independiente:

Fenómeno a la que se va a evaluar su capacidad de influir, incidir o afectar a otras variables.

En nuestro estudio la variable que manipularemos es la intervención de entrenamiento aplicado a los sujetos de estudio. Se realizaran dos métodos de entrenamiento diferentes, el grupo experimental realizara pliometría más ejercicio resistido y el grupo de control realizara solo ejercicio resistido.

### 3.11.2 Variable dependiente:

Cambios sufridos por los sujetos como consecuencia de la manipulación de la variable independiente por parte del experimentador.

En el caso de nuestro estudio serán las siguientes:

#### 3.11.2.1 Equilibrio:

Proceso por el cual controlamos el centro de masa del cuerpo respecto a la base de sustentación, sea estática o dinámica.

- ***Tipo de variable:*** Cualitativa, Continua.
- ***Instrumento de medición:*** Biodex Balance System
- ***Dimensión:*** Niveles

El Biodex Balance System fue diseñado para evaluar y ser usado como medio de tratamiento para los individuos que buscan mejorar el equilibrio, incrementar la agilidad, desarrollar tono muscular y permite tratar una amplia variedad de patologías musculoesqueléticas. Mediante este sistema nos permite evaluar el control neuromuscular por medio de la cuantificación de la capacidad de mantener la estabilidad postural bilateral y unilateral dinámica sobre una superficie estática o inestable (dinámica).

Posee una pantalla táctil de 39,6 cm, la cual es fácil de operar. Cuenta con un sistema de guía para el usuario, de manera simple, paso a paso a través de protocolos de evaluación y modos de entrenamiento, tanto en formatos estáticos como dinámicos. Posee 12 niveles de estabilidad entre estático y dinámico, que varía desde 1 (menos estable) a 12 (mayor estabilidad de la plataforma). Incluye ejercicios pre programados de propiocepción, estabilización, ROM (rango de movimiento). Cuenta con 6 protocolos de evaluación en los cuales se encuentra: integración sensorial, límites de estabilidad, estabilidad postural, control motor y comparación bilateral. Por otra parte, también presenta 6 protocolos de entrenamiento: %

carga de peso, estabilidad postural, control motor, laberinto y control aleatorio.

El software contiene pruebas programadas en las cuales se encuentran: (a) límites de estabilidad en la cual utiliza el ángulo desde el centro, para determinar las capacidades del balance como un porcentaje estándar, (b) comparación bilateral en la que se mide y compara la estabilidad de una pierna con la otra, por tanto informa el índice de influencia individual y la diferencia porcentual para evaluar el déficit. Este software cuenta con una base de datos MICROSOFT SQL, que permite al especialista fácilmente almacenar y recopilar información del usuario; incluso varias pruebas por usuario. También es posible exportar la información a EXCEL para realizar el análisis apropiado.

Como último punto, esta entrega una retroalimentación visual y acústica lo que motiva al sujeto en estudio, promoviendo un control del balance en tiempo real.

#### 3.11.2.2 Potencia muscular:

La valoración de la potencia muscular se pueden registrar en una misma unidad de medida, que puede ser la altura alcanzada o la velocidad vertical de despegue de la que depende la altura del salto vertical, siendo esto lo que nos va a permitir establecer una relación entre la fuerza y velocidad, en un músculo aislado o en un grupo muscular. (36)

- ***Tipo de variable:*** Cuantitativa, Continua.
- ***Instrumento de medición:*** Plataforma de salto
- ***Dimensión:*** Altura de salto

Plataforma de salto es una superficie de contacto rígido o plegable que se utiliza para la medición de altura y tiempo de vuelo de saltos verticales en sus diferentes modalidades.



La plataforma es un dispositivo que envía las señales necesarias para ser analizado a través de una computadora. Al obtener estas señales el programa calcula los distintos datos que se desean conocer:

- Altura promedio.
- Número de saltos.
- Mayor y menor altura.
- Potencia desarrollada.

### 3.11.3 Variables de control:

Se consideran variables basales aquellas que no siendo las más importantes del estudio, si están presentes en los sujetos y podrían influir en los resultados. Por esta razón se consideran dentro de esta clasificación:

#### 3.11.3.1 Edad:

- ***Tipo de variable:*** Cuantitativa, Continua.
- ***Instrumento:*** Cedula de identidad.
- ***Dimensión:*** Cantidad de años de vida cumplidos a la fecha de aplicación del estudio.

#### 3.11.3.2 Peso:

- ***Tipo de variable:*** Cuantitativa, Continua.
- ***Instrumento:*** Báscula romana.
- ***Dimensión:*** En Kilos.

#### 3.11.3.3 Talla:

- ***Tipo de variable:*** Cuantitativa, Continua.
- ***Instrumento:*** Tallímetro de la Báscula romana.
- ***Dimensión:*** En Centímetros.

#### 3.11.3.4 IMC:

- ***Tipo de variable:*** Cuantitativa, Continua.

- ***Instrumento:*** Escala de índice de masa corporal, según la Organización mundial de la salud (OMS).
- ***Dimensión:*** Kg/m<sup>2</sup>.

3.12 Descripción del procedimiento:

(Ver anexo 1)

## Capítulo IV: Propuesta de análisis estadístico

Este capítulo tiene como finalidad dar a conocer la propuesta estadística considerada en nuestro proyecto, para aceptar o rechazar nuestras hipótesis, todo esto una vez finalizada nuestra intervención a través del trabajo propuesto. Los resultados se analizarán a través de análisis descriptivo y análisis inferencial.

### 4.1 Planteamiento de hipótesis:

#### 4.1.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):

- No existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad de la pliometría asociada a ejercicio resistido, en comparación al entrenamiento convencional de halterofilia, en la mejora del equilibrio de miembro inferior de levantadores de pesas de la región de la Araucanía.
- No existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad de la pliometría asociada a ejercicio resistido, en comparación al entrenamiento convencional de halterofilia, en la mejora de la potencia muscular de miembro inferior de levantadores pesas de la región de la Araucanía.

#### 4.1.2 Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):

- Existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad de la pliometría asociada a ejercicio resistido, en comparación al entrenamiento convencional de halterofilia, en la mejora del equilibrio de miembro inferior de levantadores de pesas de la región de la Araucanía.
- Existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad de la pliometría asociada a ejercicio resistido, en comparación al entrenamiento convencional de halterofilia, en la

mejora de la potencia muscular de miembro inferior de levantadores pesas de la región de la Araucanía.

#### 4.2 Análisis descriptivo:

El análisis descriptivo se utilizara para medir, registrar, organizar y sintetizar los datos. Obteniendo conclusiones sobre su distribución y estructura. Para la representación gráfica y numérica de las variables se utilizarán tablas y gráficos, de esta forma se aclarará la distribución de frecuencia de cada variable.

Tabla n1

| Variable   | Clasificación          | Estadígrafo (estadística apropiada) |
|------------|------------------------|-------------------------------------|
| Equilibrio | Cualitativa, Discreta  | Promedio – Desviación estándar      |
| Potencia   | Cuantitativa, Continua | Promedio – Desviación estándar      |
| Edad       | Cuantitativo, Continua | Moda                                |
| Peso       | Cuantitativa, Continua | Promedio – Desviación estándar      |
| Talla      | Cuantitativa, Continua | Promedio – Desviación estándar      |
| IMC        | Cuantitativa, Continua | Promedio – Desviación estándar      |

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Análisis inferencial:

La estadística inferencial provee los medios necesarios para formular conclusiones acerca de una población a partir de los datos obtenidos de una muestra. Con la ayuda de la estadística inferencial, los investigadores pueden formular juicios o generalizar sus resultados a grandes conjuntos de individuos, con base en la información de un número limitado de sujetos. Se establece si hubo diferencias estadísticamente significativas en las variables de resultado, antes y después de la aplicación de la terapia en estudio, entre los grupos experimental y control.

Se realizara la prueba T- Student, la cual es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí, de manera significativa respecto a sus medias. La comparación se realiza sobre una variable.

La hipótesis que se quiere probar es si existen (hipótesis alternativa) o no (hipótesis nula) diferencias entre los grupos del estudio.

## Capítulo V: Consideraciones éticas

Todo estudio en que participan seres humanos debe cumplir con ciertos aspectos éticos que consideren tanto sus derechos como su libertad y respeto.

### 5.1 Principios éticos:

#### 5.1.1 Autonomía:

Define el derecho de toda persona a decidir por sí misma en todas las materias que la afecten de una u otra manera, con conocimiento de causa y sin coacción de ningún tipo. Se respeta su capacidad de autodeterminación y se da protección a las personas con autonomía menoscabada o disminuida. En el caso de nuestra investigación se dará el poder de decisión a cada uno de los futuros participantes, sin influencias internas ni externas para la firma del consentimiento informado.

#### 5.1.2 Beneficencia:

Íntimamente relacionado con el principio de autonomía, determina también el deber de cada uno de buscar el bien de los otros, no de acuerdo a su propia manera de entenderlo, sino en función del bien que ese otro busca para sí, por lo que es nuestra obligación lograr el máximo de beneficios y reducir al mínimo el daño; esto es asegurar que los beneficios que conlleva el estudio sean superiores a los riesgos. En el caso de nuestro estudio estamos buscando el bien de los deportistas desde su perspectiva al informales de los beneficios y dejar que ellos

sean quienes deciden si quieren participar o no, determinando ellos si sienten que podrían mejorar a través de la intervención.

#### 5.1.3 Justicia:

Define el derecho de toda persona a no ser discriminada por consideraciones culturales, ideológicas, políticas, sociales o económicas. Determina el deber correspondiente de respetar la diversidad en las materias mencionadas y de colaborar a una equitativa distribución de los beneficios y riesgos entre los miembros de la sociedad. A su vez los participantes asumen algún riesgo con la finalidad de beneficiar a la sociedad. En nuestro estudio se da la máxima igualdad posible, sin discriminar en ningún aspecto y con la balanza inclinada hacia los beneficios, ya que se busca sentar una base de entrenamiento con evidencia y con un mínimo riesgo, en su aspecto físico y social.

#### 5.1.4 No Maleficencia

### 5.2 **Riesgos y Beneficios:**

Los efectos de la Pliometría que se analizarían en esta investigación, no conlleva riesgos para la salud e integridad física de los participantes, esto se evaluará previamente, antes de comenzar la intervención. Ambos grupos, experimental y control, recibirán una intervención de base, ejercicios resistidos de manera transversal en ambos grupos. Los sujetos serán asesorados por un equipo de profesionales del área de la salud debidamente instruidos respecto a la intervención en estudio. La participación de las personas en este estudio es voluntaria, por lo que pudiera retirarse de este en cualquier momento si así lo estima conveniente, independiente de los motivos que tengan. Los resultados

obtenidos en este estudio irán en directo beneficio de los participantes y de la comunidad que participe en un deporte como lo es el levantamiento olímpico, además generará importantes aportes al conocimiento científico.

### **5.3 Autorización del comité de ética:**

El Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de la Frontera de la ciudad de Temuco, tras la lectura del proyecto de investigación, evalúa el mérito científico y principios éticos considerados, y determina la aprobación y autorización para la realización del mismo.

### **5.4 Control de los datos:**

Se asegura la privacidad y confidencialidad de los datos, permaneciendo la identidad de los participantes en el anonimato. Para esto se generará una base de datos a la cual solo tendrán acceso los investigadores y la información recopilada será codificada para su posterior análisis. Además no se publicará los nombres de los participantes.

### **5.5 Igualdad en la selección de los datos:**

Todos aquellos sujetos que cumplan con los criterios de elegibilidad, tendrán la misma posibilidad de participar del estudio. No se harán distinciones de raza, nivel socioeconómico, ideología política, religión, etc. Al haber realizado una aleatorización previa para la asignación de entrenamiento de los sujetos, todos los participantes tendrán la misma probabilidad de pertenecer al grupo control como al grupo experimental.

### **5.6 Consentimiento informado:**



Las personas que sean seleccionadas según criterios de elegibilidad para participar del estudio, firmaran una carta de consentimiento informado, en la cual aceptan formar parte de este. Esto se hará luego de haber sido debidamente instruidos por los investigadores en cuanto a en qué consiste la intervención y la finalidad del estudio. Además se dará respuesta a todas las interrogantes e inquietudes que tenga la persona, así una vez que haya comprendido y acepte los términos y condiciones estará apto para firmar el consentimiento informado y finalmente ingresar al estudio. La carta contiene toda la información pertinente respecto a la investigación, tales como: objetivo del estudio, procedimientos a realizar y lo que implica que haga el deportista, profesionales que estarán dentro de la investigación, además de señalar que la investigación ha sido previamente aprobada por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de la Frontera de la ciudad de Temuco.

## **Capítulo VI: Aspectos administrativos**

El estudio será realizado en las dependencias del Gimnasio Olímpico de la Universidad de La Frontera ubicado en calle Uruguay N° 1720. El estudio estará coordinado por los 2 investigadores principales quienes estarán a cargo de velar por el cumplimiento de los objetivos propuestos para la investigación que se realizará.

### **6.1 Recursos humanos:**

#### Equipo de trabajo

- 2 Investigadores principales
- 1 Kinesiólogo guía
- 1 Kinesiólogo evaluador
- 1 Estadístico
- 2 Ayudantes
- 1 Secretaria

### **6.2 Definición de roles:**

En el estudio cada participante tendrá un rol activo y debidamente definido, los cuales se detallaran a continuación:

#### **6.2.1 Investigadores principales:**

- Serán los principales investigadores, coordinadores y encargados de organizar la completa realización del estudio.

- Elaborarán las pautas y darán las directrices que guiarán el estudio.
- Se encargarán de supervisar que se cumplan los tiempos y las metas previamente establecidas.
- Reclutarán el personal del área de la salud y de otras áreas que trabajarán en la investigación.
- Elaborarán y entregarán el manual de normas y procedimientos para el estudio al grupo de trabajo.
- Informarán las características metodológicas del proyecto a los coinvestigadores.
- Programarán reuniones con el grupo de investigación para conocer el avance del estudio y las dificultades que podrían ir presentando.
- Serán los encargados de reclutar la muestra según los criterios de elegibilidad y aplicarán el consentimiento informado a cada sujeto que forme parte de la investigación.
- Verificarán que se cumplan cada uno de los principios éticos mencionados en la investigación.
- Participarán junto al estadístico en el análisis de los datos.
- Interpretarán los resultados y elaborarán las conclusiones de la investigación.
- Prepararán el informe final del estudio.
- Darán a conocer los resultados y conclusiones que se obtuvieron con el estudio.

#### 6.2.2 Kinesiólogo guía:

- Según el resultado de la aleatorización será el encargado de aplicar el protocolo de entrenamiento de base tanto para el grupo control como para el grupo experimental.
- Durante la realización de las sesiones de entrenamientos, dará instrucciones claras y precisas a los deportistas de cada uno de los grupos del estudio (control y experimental).
- Deberá capacitarse y actualizarse en la aplicación de la intervención.

6.2.3 Kinesiólogo evaluador:

- Realizará una evaluación respecto del equilibrio mediante Biodex Balance SD.
- Realizará la evaluación basal de potencia muscular de miembro inferior.
- Realizará evaluaciones iniciales, intermedias y finales de cada una de variables a medir para registrar los datos y observar los progresos si los hubieran.

6.2.4 Estadístico:

- Revisará la metodología del estudio para ver si cumple con todas las normas para su desarrollo.
- Realizará la asignación aleatoria de los respectivos entrenamientos de cada uno de los sujetos que participaran en el estudio.
- Ingresará los resultados del estudio a la base de datos.
- Será el encargado de realizar el análisis estadístico descriptivo e inferencial.

6.2.5 Secretaria:

- Registrará la asistencia de los deportistas a las diferentes sesiones de entrenamiento.
- Deberá citar a los deportistas a una hora y fecha específicos, y velar por la asistencia de estos a los entrenamientos.

6.2.6 Ayudante:

- Registrará la medición de cada una de las evaluaciones realizadas por el kinesiólogo evaluador a los deportistas al inicio, mitad y final del estudio.
- Cronometrará el tiempo de ejecución de las rutinas.
- Registrará el cumplimiento de los entrenamientos por parte de los deportistas.

### 6.3 Materiales:

Para el proceso de ejecución de la investigación se requiere de los siguientes materiales:

- 2 Colchonetas
- 15 Vallas 55 cms
- 15 Cajones 80 cms x 60 cms
- 10 Barras olímpicas de 20kg
- 10 discos de 25 kg
- 10 discos de 20 kg
- 10 discos de 15 kg
- 10 discos de 10 kg
- 10 discos de 5 kg
- 10 discos de 2,5 kg
- 1 Balanza con tallímetro (para medir el peso y la estatura del paciente)
- 2 Cronómetros (para controlar los tiempos)
- Fichas personales de evaluación.
- Documentos de consentimiento informado.
- 1 Computador (para ingresar los datos de cada sesión y realizar tabulaciones)
- Impresora
- Carné de asistencia para cada participante.
- Libro de registro de asistencia de los participantes.
- Insumos de oficina (hojas y tinta para imprimir documentos necesarios para el desarrollo de la investigación).
- Teléfono celular para comunicación con los participantes
- Plataforma Biodex Balance System
- Plataforma de salto vertical

## 6.4 Gastos de operación

Insumo Valor unitario Valor total

- 2 Colchonetas x \$13.990 c/u un total de \$27.980
- 15 Vallas 55 cms x \$3.000 c/u un total de \$45.000
- 15 Cajones 80 cms x 60 cms x \$43.000 c/u un total de \$645.000

- 10 Barras olímpicas de 20kg
  - 10 discos de 25 kg
  - 10 discos de 20 kg
  - 10 discos de 15 kg
  - 10 discos de 10 kg
  - 10 discos de 5 kg
  - 10 discos de 2,5 kg
- Serán facilitados por la Rama de Halterofilia de La Universidad de La Frontera

- 1 Balanza con tallímetro (para medir el peso y la estatura de los individuos) \$90.0000
- 2 Cronómetros (para controlar los tiempos) c/u \$6.990 un total de \$13.980
- Fichas personales de evaluación. \$10.000
- Documentos de consentimiento informado. \$10.000
- 1 Computador (para ingresar los datos de cada sesión y realizar tabulaciones) \$300.000
- Impresora \$12.000
- Libro de registro de asistencia de los participantes. \$5.000

- Insumos de oficina (hojas y tinta para imprimir documentos necesarios para el desarrollo de la investigación). \$10.000
- Teléfono celular para comunicación con los participantes \$20.000
- Plataforma Biodex Balance System \$13.110.600
- Plataforma de salto vertical (Test de Bosco) DM Jump \$295.000
- 1 Kinesiólogos guía \$ 7.000 (por hora) \$ 448.000
- 1 Kinesiólogo evaluador \$ 7.000 (por hora) \$ 448.000
- 1 Estadístico \$ 400.000
- 2 Ayudantes \$ 3.000 ( por hora) \$147.000 c/u de un total de \$294.000
- 1 Secretaria \$300.000

**Presupuesto total: \$14.594.560**

## 6.5 Programa de actividades

### 6.5.1 Primera etapa: Preparación del estudio

- Aprobación de la investigación por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de la Frontera de la ciudad de Temuco.
- Obtención de fondos para realizar el estudio.
- Definición y reclutamiento del equipo de trabajo participante del estudio.
- Realización de reuniones y seminarios con los profesionales, en las cuales se detallara la planificación del estudio y los roles detallado de cada participante.
- Actualización y nivelación de los kinesiólogos que aplicaran las rutinas, al igual del profesional que realizara las mediciones a los deportistas.
- Adquisición de los materiales e implementos necesarios para la realización del estudio.

### 6.5.2 Segunda etapa: Puesta en marcha y desarrollo del estudio.

- Reclutamiento de los deportistas que conforman la muestra.

- Entrega del consentimiento informado a los deportistas participantes del estudio.
- Medición de las variables basales y de control.
- Aleatorización del grupo de control y del grupo experimental.
- Aplicación del protocolo de ejercicio resistido para ambos grupos. Y solo la intervención pliométrica en el experimental.
- Seguimiento.
- Medición de los resultados.

#### 6.5.3 Tercera etapa: Resultados y conclusiones del estudio

- Ingreso de los resultados obtenidos a la base de datos.
- Realización de análisis estadístico descriptivo e inferencial de los datos obtenidos durante el desarrollo del estudio.
- Redacción del informe final del estudio con los resultados y conclusiones de este.
- Publicación y difusión de los resultados del estudio.



## Bibliografía

- (1) Dimas C., David C. & Darío C. (2012). Teoría y práctica del entrenamiento deportivo. Instituto Nacional de Educación Física, 35–40.
- (2) Salazar D. G. (2012). Bases Científico- Metodológicas Del Entrenamiento Deportivo. EAE.
- (3) Gabriel Azar W. R. (2006). Prescripción del Ejercicio. Universidad Nacional de Córdoba, 1–27.
- (4) V. N. Platonov. (2001). Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. Editorial Paidotribo.
- (5) Alfonso Blanco Nespereira. (2011). Equipamiento para el entrenamiento de la fuerza. Sitio web: [http://www.efdeportes.com/efd157/equipamiento-para-el-entrenamiento-de-la-fuerza.htm?fbclid=IwAR3pT\\_9jWwvBw4aQMEbGDyhXWX8FakbrQjjVct2YhbZP2ZvGL1YYNCRnzaI](http://www.efdeportes.com/efd157/equipamiento-para-el-entrenamiento-de-la-fuerza.htm?fbclid=IwAR3pT_9jWwvBw4aQMEbGDyhXWX8FakbrQjjVct2YhbZP2ZvGL1YYNCRnzaI)
- (6) Andrés Rosa Guillamón. (2015). Fisiología en el entrenamiento de la aptitud física muscular. Sitio web: [http://www.efdeportes.com/efd206/fisiologia-en-el-entrenamiento-muscular.htm?fbclid=IwAR0JKre\\_0ca4QqCg\\_G1FY01xzHdjO9f3qCfzy4zXecNukKcmsGeWxoIwTUw](http://www.efdeportes.com/efd206/fisiologia-en-el-entrenamiento-muscular.htm?fbclid=IwAR0JKre_0ca4QqCg_G1FY01xzHdjO9f3qCfzy4zXecNukKcmsGeWxoIwTUw)
- (7) Boffi F. M. (2008). Entrenamiento y adaptación muscular. Sustratos y vías metabólicas para la producción de energía. Revista Brasileira de Zootecnia, 197–201.
- (8) Domínguez R., Garnacho Castaño M. V. & Maté-Muñoz, J. L. (2016). Efectos del entrenamiento contra resistencias en diversas patologías. Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral, 33, 719–733.
- (9) Caminero F. L. (2005). Diseño y estudio científico para la validación de un test motor original, que mida la coordinación motriz en alumnos/as de educación secundaria obligatoria. Universidad de Granada, 1–400
- (10) Petrone N. (2006). Coordinación motora, 1–13.
- (11) Redondo C. (2010). Coordinación Y Equilibrio : Base Para La Educación Física En Primaria, 1–11.
- (12) García M. (2004). Problemas evolutivos de coordinación motriz y percepción de competencias en el alumnado de primer curso de Educación secundaria obligatoria en la clase de Educación Física.

- (13) Coordinación y equilibrio. Concepto y actividades para su desarrollo.
- (14) Rodríguez W., Parrado D. y Burgos D. (2015). Mejoramiento de la coordinación dinámica general por medio de actividades circenses.
- (15) Garrido R. P, Chamorro M. L. (2004). Test de Bosco. Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel, Sitio web: <http://www.efdeportes.com/efd78/bosco.htm>
- (16) Carroll T. J., Selvanayagam V. S., Riek S., & Semmler J. G. (2011). Neural adaptations to strength training: Moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiologica*, 119–140
- (17) Melanson E. L., Sharp T. A., Seagle H. M., Donahoo W. T., Grunwald G. K., Peters J. C., Hill J. O. (2002). Resistance and aerobic exercise have similar effects on 24-h nutrient oxidation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1793–1800.
- (18) Padilla Colón C. J., Collado P. S. & Cuevas M. J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 979–988.
- (19) De Rose L. (2009). Bases neurofisiológicas de la contracción pliométrica. VIII Congreso Argentino y III Latinoamericano de Educación Física y Ciencias, 11.
- (20) Rodríguez García P. L. (2007). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista de La Facultad de Educación*, 2–10.
- (21) Fernandez R. & Mansilla G. (2006). Validación de la plataforma de contacto cinetic-06 mediante los resultados con la plataforma de contacto validad internacionalmente Globus Ergo Jump. Universidad de Chile.
- (22) Floody P. D., Poblet, A. O. & Mayorga, D. J. (2011). Análisis del desarrollo de la fuerza reactiva y saltabilidad, en basquetbolistas que realizan un programa de entrenamiento pliométrico, 33–44.

## Anexos:

### Anexo 1: Programa de intervención

| Ejercicios  | Series    | Repeticiones | Pausa entre series | Día                        | Horas                                   |
|---|-----------|--------------|--------------------|----------------------------|---|
| Arranque potencia al 75% RM                         | 3         | 2            | 2 minutos          | Martes                     | /                                       |
| Jalon arranque al 90% RM                            | 3         | 4            | 3 minutos          | Martes                     | /                                       |
| Envión clásico al 75% RM                            | 2         | 2            | 3 minutos          | Lunes, Jueves              | /                                       |
| Envión clásico al 80% RM                            | 2         | 1            | 3 minutos          | Lunes, Jueves              | /                                       |
| Sentadilla búlgara al 70% RM                        | 4         | 6            | 2 minutos          | Lunes, Martes              | /                                       |
| Reverencias al 50% RM de un envión                  | 3         | 8            | 2 minutos          | Lunes, Martes              | /                                       |
| Jerk al 80% RM                                      | 2         | 3            | 2 minutos          | Lunes, Jueves              | /                                       |
| Jerk al 85% RM                                      | 2         | 2            | 2 minutos          | Lunes, Jueves              | /                                       |
| Jerk al 90% RM                                      | 2         | 1            | 3 minutos          | Lunes, Jueves              | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Sentadilla trasera al 80% RM                        | 2         | 3            | 3 minutos          | Martes, Jueves             | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Sentadilla trasera al 90% RM                        | 3         | 1            | 2 minutos          | Martes, Jueves             | /                                       |
| Multisaltos horizontales (pie juntos)               | 3         | 20           | 3 minutos          | Lunes, Martes, Jueves      | 45 minutos aprox x día                  |
| Multisaltos verticales (conos)                      | 3         | 10           | 3 minutos          | Lunes, Martes, Jueves      | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>  | <b>34</b> | <b>/</b>     | <b>/</b>           | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |
| Arranque soporte 60 cm de alto al 60% RM            | 3         | 5            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Arranque soporte 50 cm de alto al 65% RM            | 3         | 3            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Estocadas al 55% RM                                 | 3         | 6            | 2 minutos          | Martes, Miércoles          | /                                       |
| Estocadas al 60% RM                                 | 2         | 4            | 2 minutos          | Martes, Miércoles          | /                                       |
| Press militar al 70 % RM                            | 4         | 10           | 3 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Envión clásico al 70% RM                            | 2         | 3            | 3 minutos          | Miércoles, Viernes         | /                                       |
| Envión clásico al 75% RM                            | 2         | 2            | 2 minutos          | Miércoles, Viernes         | /                                       |
| Sentadilla trasera al 60% RM                        | 2         | 8            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Sentadilla trasera al 65% RM                        | 2         | 5            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Dorso Lumbares (sólo peso corporal)                 | 3         | 15           | 1 minutos          | Martes, Miércoles, Viernes | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos horizontales (pie juntos)               | 3         | 20           | 3 minutos          | Martes, Miércoles, Viernes | /                                       |
| Multisaltos verticales (conos)                      | 3         | 10           | 3 minutos          | Martes, Viernes            | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto vertical (40cm) Flexión                       | 5         | 10           | 5 minutos          | Martes, Miércoles, Viernes | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>  | <b>37</b> | <b>/</b>     | <b>/</b>           | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |
| Empuje fuerza + Jerk (4+2) al 60% RM                | 2         | 3            | 2 minutos          | Jueves, Viernes            | /                                       |
| Empuje fuerza + Jerk (4+2) al 65% RM                | 2         | 2            | 3 minutos          | Jueves, Viernes            | /                                       |
| Hiper arranque potencia al 70% RM                   | 2         | 3            | 2 minutos          | Martes                     | /                                       |
| Arranque colgante al 70% RM                         | 2         | 3            | 2 minutos          | Martes                     | /                                       |
| Arranque colgante al 75% RM                         | 3         | 2            | 2 minutos          | Martes                     | /                                       |
| Peso Muerto al 95% RM                               | 3         | 4            | 3 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| 1/2 Sentadilla trasera al 105% RM                   | 4         | 4            | 3 minutos          | Jueves, Viernes            | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Jalon arranque al 95% RM                            | 4         | 4            | 3 minutos          | Martes, Viernes            | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos horizontales (alternos)                 | 3         | 30           | 3 minutos          | Martes, Jueves, Viernes    | /                                       |
| Multisaltos verticales (vallas c/ salto intermedio) | 5         | 10           | 5 minutos          | Jueves, Viernes            | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto vertical (80cm) Flexión                       | 5         | 10           | 5 minutos          | Martes, Viernes            | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>  | <b>35</b> | <b>/</b>     | <b>/</b>           | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |
| Envión potencia al 80% RM                           | 3         | 2            | 3 minutos          | Lunes, Viernes             | /                                       |
| Sentadilla trasera al 75% RM                        | 3         | 4            | 3 minutos          | Lunes                      | /                                       |
| Jalon de envión al 85% RM                           | 3         | 2            | 3 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Jerk soporte al 80% RM                              | 2         | 3            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Jerk soporte al 85% RM                              | 2         | 2            | 2 minutos          | Martes, Viernes            | /                                       |
| Arranque potencia al 70% RM                         | 2         | 3            | 2 minutos          | Lunes, Viernes             | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Arranque potencia al 75% RM                         | 2         | 2            | 2 minutos          | Lunes, Viernes             | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos horizontales (a un pie)                 | 3         | 10           | 2 minutos          | Lunes, Viernes             | /                                       |
| Multisaltos verticales (vallas c/ salto intermedio) | 3         | 10           | 3 minutos          | Lunes, Martes, Viernes     | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto en profundidad 50 cm                          | 5         | 8            | 5 minutos          | Martes, Viernes            | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>  | <b>28</b> | <b>/</b>     | <b>/</b>           | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |

|  |           |          |           |                            |   |
|--|-----------|----------|-----------|----------------------------|---|
| Fondo de arranque al 75% RM                      | 2         | 4        | 2 minutos | Martes, Miercoles          | /                                       |
|  | 3         | 3        | 2 minutos | Miercoles, Viernes         | /                                       |
| Empuje Fuerza al 65% RM                          | 3         | 5        | 3 minutos | Martes, Viernes            | /                                       |
| Jalón de envión al 75% RM                        | 4         | 4        | 2 minutos | Martes, Viernes, Miercoles | /                                       |
| Peso Muerto al 110% RM                           | 3         | 4        | 2 minutos | Miercoles                  | /                                       |
| Sentadilla trasera al 75% RM                     | 4         | 2        | 2 minutos | Martes, Viernes            | /                                       |
| Arranque potencia sin desplazar al 65% RM        | 3         | 3        | 2 minutos | Miercoles, Viernes         | /                                       |
| Arranque potencia sin desplazar al 70% RM        | 2         | 2        | 2 minutos | Miercoles, Viernes         | /                                       |
| Envión clásico al 65% RM                         | 2         | 3        | 2 minutos | Martes                     | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Envión clásico al 70% RM                         | 2         | 2        | 2 minutos | Martes                     | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos verticales vallas a 55 cm            | 5         | 10       | 2 minutos | Martes, Miercoles          | /                                       |
| Salto vertical (60 cm)                           | 5         | 10       | 3 minutos | Martes, Viernes            | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto en profundidad 50 cm                       | 5         | 8        | 5 minutos | Miercoles, Viernes         | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>                                     | <b>43</b> | <b>/</b> | <b>/</b>  | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |
| Empuje fuerza + jerk al 65% RM                   | 2         | 3        | 2 minutos | Jueves, Vines              | /                                       |
| Empuje fuerza + jerk al 70% RM                   | 2         | 2        | 2 minutos | Jueves, Viernes            | /                                       |
| Sentadilla frontal al 60% RM                     | 3         | 6        | 3 minutos | Martes                     | /                                       |
| Sentadilla frontal al 65% RM                     | 2         | 4        | 3 minutos | Martes                     | /                                       |
| Envión fuerza al 60% RM                          | 2         | 4        | 2 minutos | Martes, Jueves             | /                                       |
| Envión fuerza al 65% RM                          | 3         | 3        | 2 minutos | Martes, Jueves             | /                                       |
| 1/2 Sentadilla trasera al 90% RM                 | 2         | 10       | 3 minutos | Viernes, Jueves            | /                                       |
| 1/2 Sentadilla trasera al 100% RM                | 3         | 8        | 3 minutos | Viernes, Jueves            | /                                       |
| Dorso Lumbares (sólo peso corporal)              | 3         | 15       | 1 minutos | Martes, Jueves             | /                                       |
| Envión clásico al 70% RM                         | 2         | 4        | 2 minutos | Martes                     | /                                       |
| Envion clásico al 75% RM                         | 3         | 3        | 2 minutos | Martes                     | /                                       |
| Arranque soporte al 75% RM                       | 3         | 3        | 2 minutos | Jueves                     | /                                       |
| Arranque soporte al 80% RM                       | 2         | 2        | 3 minutos | Jueves                     | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Sentadilla trasera al 75% RM                     | 4         | 4        | 2 minutos | Jueves                     | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos verticales vallas a 55 cm            | 5         | 10       | 2 minutos | Martes                     | /                                       |
| Salto en profundidad 58 cm, 57 cm y 61 cm        | 5         | 10       | 3 minutos | Martes, Jueves             | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto en profundidad 75 cm, 61 cm; 1 valla 40 cm | 5         | 8        | 3 minutos | Martes, Jueves, Viernes    | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>                                     | <b>51</b> | <b>/</b> | <b>/</b>  | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |
| Jerk soporte al 80% RM                           | 2         | 3        | 2 minutos | Martes                     | /                                       |
| Jerk soporte al 85% RM                           | 2         | 2        | 2 minutos | Martes                     | /                                       |
| Jerk soporte al 90% RM                           | 2         | 1        | 3 minutos | Martes                     | /                                       |
| Jerk soporte al 95% RM                           | 3         | 1        | 4 minutos | Martes                     | /                                       |
| Sentadilla trasera al 75% RM                     | 2         | 3        | 3 minutos | Martes                     | /                                       |
| Sentadilla trasera al 80% RM                     | 2         | 2        | 3 minutos | Martes                     | /                                       |
| Dorso Lumbares (sólo peso corporal)              | 3         | 15       | 2 minutos | Jueves                     | /                                       |
| Arranque fuerza al 65% RM                        | 2         | 3        | 2 minutos | Jueves                     | /                                       |
| Arranque fuerza al 70% RM                        | 2         | 2        | 2 minutos | Jueves                     | /                                       |
| 1/2 Sentadilla trasera al 130% RM                | 4         | 3        | 2 minutos | Lunes                      | /                                       |
| Arranque fuerza al 65% RM                        | 4         | 4        | 3 minutos | Lunes                      | /                                       |
| Arranque colgante al 70% RM                      | 3         | 3        | 2 minutos | Lunes                      | /                                       |
|  | 2         | 2        | 2 minutos | Lunes                      | 1 hora 45 minutos aprox x día           |
| Envión clásico al 70% RM                         | 2         | 3        | 3 minutos | Lunes                      | 5 horas y 5 minutos a la semana         |
| Multisaltos verticales vallas a 55 cm            | 5         | 5        | 2 minutos | Lunes                      | /                                       |
| Salto en profundidad 75 cm, 61 cm; 1 valla 40 cm | 5         | 8        | 3 minutos | Lunes, Martes              | 45 minutos aprox x día                  |
| Salto desde 60 cm a bloqueo                      | 5         | 8        | 3 minutos | Martes, Jueves             | 2 horas y 25 minutos a la semana        |
| <b>Total</b>                                     | <b>50</b> | <b>/</b> | <b>/</b>  | <b>3</b>                   | <b>7 horas y 30 minutos a la semana</b> |

|                         |                    |  |  |                         |  |
|-------------------------|--------------------|--|--|-------------------------|--|
| Solo realizan:          |                    |  |  |                         |  |
| Ejercicios resistidos   | Grupo de control   |  |  |                         |  |
|                         |                    |  |  | Se realizaran en ambos: | Calentamiento 10 min previo            |
| Realizan en conjunto:   |                    |  |  |                         | Vuelta a la calma 5 min                |
| Ejercicios pliométricos | Grupo experimental |  |  |                         | Elongación suave 5 min                 |
| Ejercicios resistidos   |                    |  |  | Total:                  | 20 min extra al total de horas por día |

Fuente: Elaboración propia