



**UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA DE KINESIOLOGÍA**

**“Cambios en la potencia generada en los músculos gastrocnemios a corto plazo post electro-estimulación de baja y media frecuencia en voleibolistas de alto rendimiento: estudio cuasi experimental”**

**David Campos Veroiza**

**Paola Gutiérrez Azocar**

**Nathaly Silva Huerta**

**Ninoscka Rojas Undurraga**

**2017**





**UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA DE KINESIOLOGÍA**

**“Cambios en la potencia generada en los músculos gastrocnemios a corto plazo post electro-estimulación de baja y media frecuencia en voleibolistas de alto rendimiento: estudio cuasi experimental”**

Seminario de título presentado en conformidad a los requisitos para optar al grado de Licenciado en Kinesiología.

David Campos Veroiza

Paola Gutiérrez Azocar

Nathaly Silva Huerta

Ninoscka Rojas Undurraga

**2017**

## **Agradecimientos**

Primero que todo queremos agradecer a Dios por darnos la fortaleza y salud necesaria durante toda la carrera. A nuestras familias por su apoyo incondicional, paciencia y amor durante este proceso, que, aunque fue difícil y extenso está llegando a su fin, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Damos gracias a la Universidad de las Américas, a la facultad de ciencia de la salud y especialmente a la escuela de kinesiología. A todos los docentes que nos formaron en este largo camino, y nos entregaron con gran generosidad todos sus conocimientos para llegar a ser lo que somos hoy.

También queremos agradecer a nuestro profesor guía por su apoyo y dedicación en este trabajo.

## Índice

1.	Introducción .....	12
2.	Antecedentes generales.....	14
2.1.	Identificación del estudio:.....	14
2.2.	Planteamiento del problema: .....	14
2.3.	Justificación de la investigación: .....	15
2.4.	Pregunta de investigación:.....	15
2.5.	Objetivos del estudio: .....	16
2.6.	Objetivos Específicos:.....	16
2.7.	Alcances:.....	16
2.8.	Limitantes:.....	17
3.	Marco teórico.....	18
3.1.	Sistema Muscular .....	18
3.1.1.	Estructura Muscular: .....	18
3.1.2.	Neurofisiología de la contracción muscular:.....	22
3.1.3.	Mecánica muscular y generación de tensión.....	22
3.1.4.	El huso muscular. ....	23
3.1.5.	El órgano tendinoso de Golgi .....	24
3.1.6.	Tipos de contracción. ....	24
3.1.7.	Potencia muscular.....	25
3.1.8.	Factores que influyen en la potencia: .....	25
3.2.	Electro-estimulación .....	26
3.2.1.	Electro-estimulación de baja frecuencia:.....	27
3.2.2.	Electro-estimulación de media frecuencia:.....	28
3.2.3.	Niveles de estimulación. ....	28
3.2.4.	Características de la electroestimulación.....	29
3.2.5.	Contraindicaciones.....	30
3.2.6.	Como la electroestimulación genera cambios en la potencia muscular.....	31
3.3.	El Salto.....	31
3.3.1.	Las Fases de Categorización del Movimiento en el Salto:.....	31

3.3.2.	El salto vertical. ....	32
3.3.3.	Prueba de Bosco.....	33
3.3.4.	Tipos de salto: .....	33
3.3.5.	Squat Jump: .....	37
3.3.6.	Técnica del salto Squat Jump: .....	38
3.3.7.	Biomecánica y principales músculos involucrados en la ejecución del salto:.....	39
4.	Metodología de la investigación .....	41
4.1.	Definiciones de la Investigación:.....	41
4.1.1.	Población y Muestra:.....	41
4.1.2.	Criterios de inclusión:.....	41
4.1.3.	Criterios de exclusión: .....	43
4.1.4.	Variables:.....	45
5.	Procedimiento.....	48
5.1.	Protocolo del estudio: .....	48
5.2.	Protocolos de Evaluación. ....	48
5.2.1.	Salto Control.....	48
5.2.2.	Salto con EENM .....	49
5.2.3.	Salto con EENM Protocolo Ruso.....	49
5.2.4.	Protocolo de Ejecución del Salto.....	49
5.2.5.	Medición de Variables.....	50
6.	Análisis de Datos. ....	51
6.1.	Tabulación de los datos.....	51
6.2.	Análisis Estadístico. ....	51
7.	Resultados.....	52
7.1.	Cambios significativos y no significativos por cada parámetro medido, a través de los Test T Student y Test de Wilcoxon, incluyendo Pre y Post intervención en contracción concéntrica (CC), corriente NMES y corriente Rusa (CR). ....	52
7.1.1.	Parámetro Altura.....	52
7.1.2.	Parámetro Tiempo. ....	53
7.1.3.	Parámetro Velocidad.....	54
7.1.4.	Parámetro Potencia.....	55
7.2.	Análisis descriptivo.....	56

7.2.1.	Grafico Altura .....	56
7.2.2.	Grafico Tiempo.....	57
7.2.3.	Grafico Velocidad.....	58
7.2.4.	Grafico Potencia.....	59
8.	Discusión: .....	60
9.	Conclusión.....	63
10.	Bibliografía: .....	65
11.	Anexos.....	71
11.1.	Anexo 1.....	71

## **Resumen:**

**Introducción:** Es de nuestro interés saber si la electro estimulación de baja y media frecuencia puede generar cambios en la potencia muscular a corto plazo en Voleibolistas y ser una herramienta previa de uso por parte de los kinesiólogos en los encuentros deportivos.

Es por esto que se decide evaluar a deportistas de alto rendimiento, evaluando a la selección nacional chilena de voleibol, en la cual, es esencial la potencia de salto y pliometría para la ejecución y performance de algunos gestos deportivos, donde el arranque, el salto y la altura de éste, son muy relevantes.

**Objetivos:** El objetivo de este estudio es evaluar cambios de potencia post electroestimulación de media y baja frecuencia generada en los músculos gastrocnemios en sujetos deportistas de alto rendimiento.

**Métodos:** La muestra para este estudio consistió en 30 sujetos deportistas de alto rendimiento, entre 20 y 30 años. Pertenecientes a la selección nacional Chilena de voleibol. Utilizando las instalaciones del colegio Boston Collage (gimnasio) e instrumental del centro de atención kinesiológica (CAK) de UDLA. En primera instancia se hará entrega de un consentimiento informado donde se indicará por escrito los pasos a realiza. Con cada sujeto se hizo una demostración, en relación al salto Squat Jump, sobre la plataforma de fuerza Axon Jump. Luego se continuó con el protocolo de contracción concéntrica de los músculos gastronemios, con el fin de objetivar los cambios de la potencia muscular sin la aplicación de electroterapia, seguidos de los protocolos de electroestimulación establecidos, con corriente NMES y corriente rusa.

**Resultados:** Los datos para los parámetros de Altura, Tiempo, Velocidad y Potencia fueron analizados con el Test de Shapiro Wilk, para verificar si existe normalidad dentro de estos. Se utilizan los Test T student y Test de Wilcoxon, para comparar los valores pre y post intervencio. Las comparaciones realizadas entre los grupos se realizó con la prueba Krsukal - Wallis. Los resultados dieron un valor no significativo en todos los parámetros evaluados.

**Conclusión:** Dentro de los parámetros evaluados se encuentra altura, velocidad, tiempo y potencia. Para la medición de éstos, se realizaron tres intervenciones; contracción concéntrica, corriente NMES y corriente rusa. Si bien se presentaron cambios positivos, estos no llegan a ser significativos. Se Concluye que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la electroestimulación de baja y media frecuencia genera cambios en los distintos parámetros de salto en voleibolistas de alto rendimiento.

**Palabras Clave:** Electroestimulación - Squat Jump - plataforma de Fuerza - corriente NMES - corriente Rusa - contracción concéntrica.

**Abstract:**

**Introduction:** It is of interest to us to know if the electro stimulation of low and medium frequency can generate changes in the muscular power in the short term in Volleyball players and to be a previous tool of use by p Art of the kinesiólogos in the sport meetings.

That is why it is decided to evaluate high-performance athletes, evaluating the Chilean national team of volleyball, in which, It is essential the jump power and plyometry for the execution and performance of some sports gestures, where the starting, the jump and the height of this, are very relevant.

**Objectives:** The objective of this study is to evaluate post-electro-stimulation power changes of medium and low frequency generated in the gastrocnemius muscles in subjects of high performance athletes Iento.

**Methods:** The sample for this study consisted of 30 high performance athletic subjects, between 20 and 30 years. Belonging to the Chilean national team of volleyball. Using the facilities of the Boston College Collage (gym) and instrumental of the UDLA kinesiological care center (CAK). In the first instance an informed consent will be given where the steps to be performed will be indicated in writing. With each subject a demonstration was made, in relation to the jump Squat Jump, On the Axon Jump force platform. Then the protocol of concentric contraction of the gastronecmios muscles was continued, In order to objectify the changes of muscle power without the application of electrotherapy, followed by the established electrostimulation protocols, with NMES current and Russian current.

**Results:** The data for the parameters of Height, Time, Speed and Power were analyzed with the Shapiro Wilk Test, to verify if there is normality within these. Wilcoxon Test T Student and Test are used to compare pre and post intervention values. Comparisons between the groups were performed using the Krsukal - Wallis test. The results gave a non-significant value in all parameters evaluated.

**Conclusion:** Within the evaluated parameters is height, speed, time and power. For the measurement of these, three interventions were performed; Concentric contraction, Current NMES and Russian current. Although there were positive changes, they did not become significant. It is concluded that there is insufficient statistical evidence to affirm that the low and medium frequency electrostimulation generates changes in the different parameters of jump in volleyball players of a Lto performance.

**Keywords:** Electrostimulation- Squad Jump- jump platform-current NMES -current Russian- concentric contraction.

## 1. Introducción.

Hoy día, la aplicación de Electroestimulación Neuromuscular (EENM), es uno de los agentes físicos de rehabilitación más utilizados, estas corrientes son moduladas para producir una despolarización nerviosa, muscular, y a su vez provocar efectos iónicos. La mayoría de las aplicaciones de la electroestimulación se basan en la capacidad de despolarizar el nervio para generar potenciales de acción. Una vez generado éste potencial por una corriente eléctrica, el cuerpo responde de la misma forma que lo hace un potencial de acción generado fisiológicamente. Además puede estimular nervios sensitivos, produciendo sensación placentera o dolorosa, en nervios motores que pueden generar contracciones musculares. La electroestimulación puede generar efectos iónicos por ondas desequilibradas, independientes de cualquier potencial de acción<sup>1</sup>. También se ha comprobado que la electroestimulación, combinada con ejercicios pliométricos tiene un efecto positivo en cuanto al desarrollo de la fuerza muscular<sup>2</sup>.

En 1949 Hill<sup>3,4</sup> propone para el músculo esquelético un modelo compuesto por tres elementos: Un elemento contráctil activo, que consiste en los procesos mediante los cuales el músculo responde al estímulo; dos elementos elásticos pasivos, en serie y en paralelo, que están al interior del sarcolema y de las fascias; sometidos a tensión cuando el músculo es estirado<sup>3,4,5</sup>. Se demostró que la mayoría de las propiedades elásticas del músculo se encuentran en el interior de los puentes de la actina y de la miosina, que además producen alrededor de un 40% de la tensión. El músculo está en condiciones de generar tensión a partir de su contracción, o bien por aprovechamiento de la energía elástica, y refleja que se produce durante su formación<sup>4</sup>.

En cuanto al salto vertical este se define como la elevación del centro de gravedad manifestado de una forma explosiva con respecto al esfuerzo muscular, realizando una acción efectiva sin apoyo en el aire<sup>6</sup>. Realizándose a través de conceptos como fuerza, velocidad, altura y tiempo.

El salto en los jugadores de voleibol, se incrementa considerablemente con entrenamientos de electroestimulación sumado a ejercicios pliométricos<sup>7</sup>.

En relación a lo anteriormente expuesto, nos interesa analizar si la electroestimulación de baja y media frecuencia generan variaciones de potencia generada en el músculo gastrocnemio a corto plazo en deportistas de alto rendimiento.

## **2. Antecedentes generales**

### **2.1. Identificación del estudio:**

El presente estudio utiliza un enfoque cuantitativo, también conocido como investigación cuantitativa, empírico-analítica o racionalista la cual se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos; este intenta especificar y delimitar la asociación o correlación, además de la fuerza de las variables, la generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenidos para deducir una población; y para esto se necesita una recaudación o acopio metódico u ordenado, y analizar toda la información numérica que se tiene. Este método es uno de los más utilizados por la ciencia, y como herramienta principal las estadísticas.

### **2.2. Planteamiento del problema:**

En la bibliografía existente respecto a la electroestimulación y la obtención de potencia muscular, se hace referencia que para obtener una ganancia en la potencia muscular, las sesiones deben realizarse tres veces por semana con un total de 25 sesiones<sup>8</sup>, siendo estos valores sugerentes por parte de la literatura, debido a los cambios fisiológicos del musculo en el entrenamiento desde el punto de vista metabólico y no neurofisiológico<sup>9</sup>.

Desde la mirada neurofisiológica existe evidencia que existe un aumento en el patrón de reclutamiento de distintas fibras post electro-estimulación de media frecuencia después de 10 sesiones de entrenamiento<sup>10</sup>. Pero a pesar de lo anterior existen cambios en los potenciales de acción inmediatamente después de la intervención de electroestimulación generando patrones de reclutamiento muscular mayores (Fibras tipo I, IIa y IIb) en individuos que no hubiesen sido estimulados eléctricamente<sup>11</sup>.

Por otra parte existen algunos estudios que indican un aumento significativo de la potencia muscular generado por los músculos gastrocnemios en sujetos normales post aplicación de electro - estimulación de baja y media frecuencia<sup>11</sup>. Estos cambios que

ocurren en sujetos normales, no han sido reportados en la literatura en sujetos sometidos a entrenamiento de medio y alto rendimiento.

Es por esto que se decide evaluar a deportistas de alto rendimiento (entrenamiento 2 a 3 horas diarias) evaluado a la selección nacional chilena de voleibol, en el cual es esencial la potencia de salto y pliometría para la ejecución y performance de algunos gestos deportivos<sup>12</sup>, donde el arranque, el salto y la altura de salto son muy relevantes.

Es de nuestro interés saber si la electro estimulación de baja y media frecuencia puede generar cambios de potencia a corto plazo en Voleibolistas y ser una herramienta previa (por parte de los kinesiólogos) en los encuentros deportivos.

### **2.3. Justificación de la investigación:**

La EENM es un método que requiere de un manejo profesional por lo tanto, se podría considerar como un aliado a favor del entrenamiento deportivo.

La electroestimulación puede ser aplicada en la rehabilitación, y entrenamiento de los deportistas, siempre y cuando, los equipos empleados para este fin tengan el reconocimiento científico para su aplicación.

Si tomamos en cuenta que muchos estudios de electroestimulación, muestran beneficios en la obtención de potencia muscular en deportistas, después de un protocolo de 25 sesiones, considerando que las terapias kinésicas suelen ser desde 10 o más sesiones, dependiendo de su tratamiento, y que no siempre se cumple el tiempo requerido. Cabe duda, si con menos aplicaciones se generan o no cambios en la potencia muscular.

### **2.4. Pregunta de investigación:**

¿Existen cambios significativos en la potencia generada en los músculos gastrocnemios con una sola intervención post aplicación de electro estimulación de baja y/o media frecuencia..

## **2.5. Objetivos del estudio:**

Evaluar cambios de potencia post electro-estimulación de media y baja frecuencia generada en los músculos gastrocnemios en sujetos deportistas de alto rendimiento.

## **2.6. Objetivos Específicos:**

- Evaluar si existen cambios en la altura del salto pos electroestimulación de baja y media frecuencia.
- Evaluar si existen cambios en el tiempo de vuelo post electroestimulación de baja y media frecuencia.
- Evaluar si existen diferencias en la velocidad pos electroestimulación de corrientes de media y baja frecuencia.

## **2.7. Alcances:**

Entre los alcances de este estudio es describir los cambios que se producen en la potencia generada por los músculos gastrocnemios.

Por otro lado el estudio evalúa cambios a nivel general del gesto deportivo (Squat Jump), siendo una forma indirecta de evaluar la potencia generada por los músculos gastrocnemios, no pudiendo determinar con exactitud el musculo a evaluar.

Finalmente el estudio fue realizado en Voleibolistas, con lo cual los resultados no pueden ser extrapolados a otros deportes.

## **2.8. Limitantes:**

Una de las principales limitaciones es la muestra, al ser una muestra única, no permite cegar a los participantes de estudio, disminuyendo la relevancia del estudio.

Este estudio se limita a describir los cambios de músculos gastrocnemios post electroestimulación, no es posible explicar que ocurre a nivel exploratorio que ocurre en el musculo.

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Sistema Muscular**

El sistema muscular es el conjunto de más de 600 músculos que existen en el cuerpo humano, la función de la mayoría de estos músculos es producir movimientos de las partes del cuerpo. El sistema muscular crea un equilibrio al estabilizar la posición del cuerpo, producir movimiento, regular el volumen de los órganos, movilizar sustancias dentro del cuerpo y producir calor<sup>13</sup>.

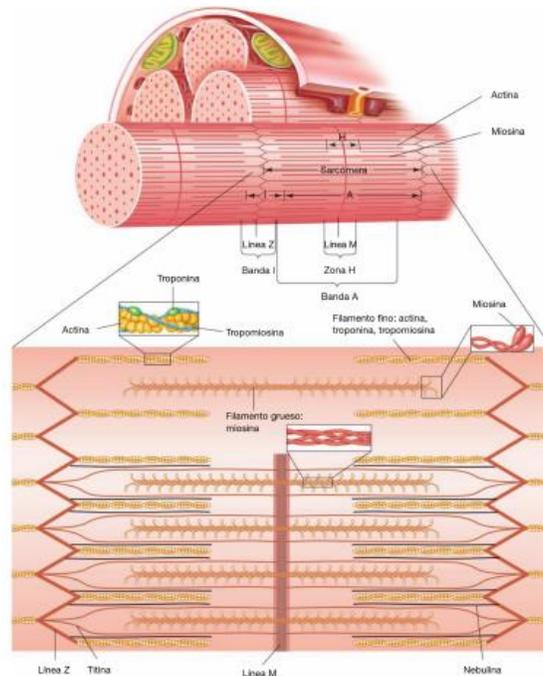
##### **3.1.1. Estructura Muscular:**

En el organismo existen tres tipos de músculos, el liso, el cardiaco y el esquelético, conformados por fascículos con múltiples células o fibras musculares, con núcleos cercanos a la membrana plasmática. Dentro del citoplasma, las miofibrillas, son las estructuras responsables de la contracción muscular cuyo tamaño es de 1 a 2 mm de diámetro y 1 a 40 mm de longitud. Alrededor de la miofibrilla se encuentra el retículo sarcoplásmico que es el depósito intracelular de calcio y unidos a él se encuentran los túbulos en T, quienes transmiten el potencial de acción desde la placa neuromotora<sup>14,15</sup>.

Los sarcómeros son las unidades funcionales contráctiles de los músculos y se encuentran dentro de las miofibrillas; ellos contienen de una forma organizada, los filamentos delgados de actina y los filamentos gruesos de miosina, además de otras proteínas<sup>12</sup>.

Al observarse en el microscopio electrónico, la estructura del sarcómero corresponde a la longitud entre dos estructuras denominadas discos Z los cuales están en medio de las bandas I formadas sólo por actina. Las bandas A de aproximadamente 2,5 nanómetros de longitud se sitúan entre dos bandas I, corresponden a la interrelación de los filamentos de actina y de miosina y en su parte media tienen una región clara, la zona H, formada solo por filamentos de miosina y en el centro de ésta se halla la línea M, correspondiente a la fijación de los filamentos de miosina en el centro del sarcómero<sup>12,15</sup>

La fuerza es generada por el deslizamiento de los filamentos de miosina sobre los de actina, desapareciendo la banda I y la zona H, con el consiguiente acortamiento del sarcómero. Actualmente se sabe que otras proteínas como la titina se encuentran involucradas en este deslizamiento<sup>12</sup>.



**Fig. 1.** La unidad funcional básica de una miofibrilla es el sarcómero, que contiene una estructura especializada de actina y de filamentos de miosina. (Wilmore y Costill, 2007)<sup>16</sup>.

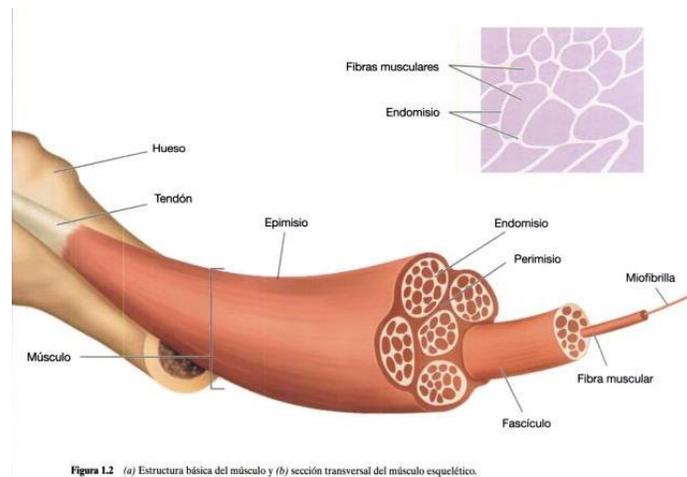
La miosina es una proteína que en su estructura, tiene una cabeza globular que corresponde a la cadena pesada o meromiosina pesada y por una cola formada por una parte de meromiosina pesada y otra de meromiosina liviana y una región intermedia conocida como cuello, que tiene la propiedad de girar, lo que es un proceso importante en la contracción. La meromiosina pesada posee dos fragmentos: el S1 y el S2. Cada fragmento S1 contiene la cabeza y las cadenas livianas, es el fragmento motor de la miosina y es la encargada de la unión a la actina. El cuello corresponde al fragmento S2<sup>14</sup>.

La actina es un filamento delgado, conformado por una proteína globular actina G. En su conformación también participan otras dos proteínas la tropomiosina y la troponina<sup>3,15</sup>.

La tropomiosina está formada por dos cadenas polipeptídicas, que actúan cuando el músculo está en reposo bloqueando los centros activos de la actina para el deslizamiento de la miosina. La troponina está conformada por tres subunidades polipeptídicas: T, C e I. La T que se une a la tropomiosina, que al interactuar con ésta, deja libres los puntos activos de la actina que se unen a las cabezas de miosina. La troponina C tiene cuatro sitios de unión al calcio. La troponina I, inhibe la ATPasa en su función de desdoblar las moléculas de ATP lo que impide la formación de los puentes de actina-miosina<sup>10</sup>.

Además de las proteínas ya mencionadas existen otras de tipo estructural que participan en la conformación de la miofibrilla: La titina, llamada también conectina, es intrínsecamente elástica en la mayor parte de su longitud, conecta el filamento grueso y la línea Z y es la encargada de soportar la tensión pasiva del músculo, además, es la encargada de controlar el número de moléculas de miosina contenidas en el filamento grueso. La nebulina, conforma un todo con la actina, la tropomiosina y la troponina. Por estar situada a lo largo del filamento de actina, se cree que está encargada de regular la longitud del filamento delgado controlando el número de monómeros de actina. La desmina es otra proteína que une las líneas Z adyacentes de las diferentes miofibrillas, ofreciendo estabilidad mecánica a la fibra muscular y siendo la responsable del aspecto estriado de las fibras musculares. La distrofina es una proteína que une el anterior complejo a la membrana plasmática, al parecer importante en la prevención de la degeneración de la fibra muscular. La alfa actinina mantiene los filamentos delgados en su lugar, une la actina a la línea Z y se ha observado mayor cantidad de alfa actinina en las líneas Z de las fibras lentas que en las de las rápidas. La miomesina es una proteína encargada de garantizar una fuerte unión de la titina en las líneas M<sup>3,14,15</sup>.

El tejido conectivo hace parte de cada una de las cubiertas de las diferentes secciones de un músculo, es de vital importancia en la funcionalidad de éste, le proporciona una fuerza muscular adicional y le garantiza su integridad. Actúa como límite entre las diferentes subunidades del músculo: El epimisio, que rodea todo el músculo, el perimisio, que rodea el haz o fascículo muscular, el endomisio, que rodea las fibras musculares individuales y por último, la membrana celular que está rodeada por el sarcolema<sup>12,15</sup>.



**Fig. 2.** La estructura básica del músculo. (Wilmore y Costill, 2007)<sup>16</sup>.

### **3.1.2. Neurofisiología de la contracción muscular:**

### **3.1.3. Mecánica muscular y generación de tensión**

La comprensión del comportamiento mecánico del músculo esquelético cuando es controlado por el sistema nervioso es algo complejo de explicar. Las características visco-elásticas del músculo y su mecánica, hacen más complicado esa comprensión. Se ve el músculo como una “Unidad mecánica”, como un péndulo, formado por elementos viscosos y elásticos<sup>17</sup>.

En 1949 Hill propone para el músculo esquelético un modelo compuesto por tres elementos: Un elemento contráctil activo, que consiste en los procesos mediante los cuales el músculo responde al estímulo; dos elementos elásticos, en serie y en paralelo (pasivos), que están al interior del sarcolema y de las fascias (endomisio, perimisio y epimisio y la proteína B actinina), sometidos a tensión cuando el músculo es estirado<sup>3,14,17</sup>. En 1950 A. V. Hill sugirió que los elementos elásticos en serie se podían encontrar al interior de la materia contráctil, posteriormente, la teoría del deslizamiento de los filamentos (A. F. Huxley, 1958, Huxley y Simons, 1971), demostraron que la mayoría de las propiedades elásticas del músculo se encuentran en el interior de los puentes de la actina y de la miosina (cross – bridges) y que producen alrededor de un 40% de la tensión. El músculo está en condiciones de generar tensión a partir de su contracción, o bien, por aprovechamiento de la energía elástica y refleja que se produce durante su formación<sup>5,17</sup>.

La contracción se produce por la teoría del deslizamiento: la actina (troponina y tropomiosina) sobre la miosina de diferentes cadenas y con la intervención de otras macroproteínas, prolongaciones de la miosina, la titina y la nebulina, estabilizadoras del sarcómero durante la contracción<sup>17</sup>.

Otro elemento que contribuye a la generación de la tensión muscular, es el reflejo miotático, que depende de la interacción existente entre el huso muscular y otras estructuras del sistema nervioso como el órgano tendinoso de Golgi, las células inhibitorias de Renshaw de la medula espinal y las terminaciones nerviosas libres en las articulaciones<sup>5</sup>.

### 3.1.4. El huso muscular.

Está situado entre las fibras musculares esqueléticas regulares, conocidas también como extrafusales o por fuera del huso, se compone entre 4 y 20 pequeñas fibras especializadas llamadas intrafusales con terminaciones nerviosas sensitivas y motoras asociadas a ellas. El tejido conectivo enrollado en el huso muscular lo une al endomisio y a las fibras extrafusales. Las fibras intrafusales son controladas por neuronas motoras especializadas denominadas motoneuronas gamma y las fibras extrafusales por motoneuronas alfa. La región central de una fibra intrafusar no puede contraerse porque no contiene filamentos de actina y miosina en cantidad suficiente, además, la región central solo puede estirarse. La unión del huso muscular a las fibras extrafusales hace que éstas al ser estiradas estimulen la región central del huso siendo estirada también. Algunas terminaciones sensitivas terminales transmiten la información a la médula espinal cuando el huso es estirado, informando al Sistema nervioso central del cambio de longitud muscular. En la médula espinal la sinápsis de la neurona sensitiva con la alfa motoneurona, produce una contracción en las fibras extrafusales resistiéndose a ser estiradas. Las gamma motoneuronas excitan las fibras intrafusales pre-estirándolas ligeramente y causando una ligera contracción de sus terminaciones, las cuales estiran la región central en forma leve. Éste pre-estiramiento hace que el huso muscular sea altamente sensible a pequeños cambios en el estiramiento<sup>16</sup>.

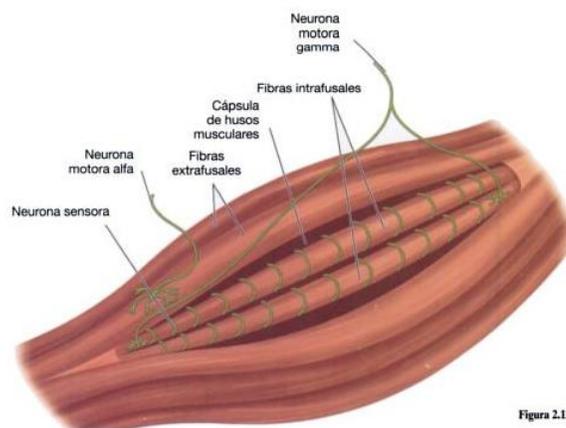


Figura 2.12 Huso muscular.

**Fig. 3** Huso Muscular (Wilmore y Costill, 2007)<sup>16</sup>.

### **3.1.5. El órgano tendinoso de Golgi**

Es un receptor sensitivo encapsulado en las uniones miotendinosas. Aproximadamente de 5 a 25 fibras musculares están usualmente unidas a este receptor. Mientras el huso muscular es el monitor de la longitud del músculo, el órgano de Golgi es sensible a la tensión generada en el complejo músculo tendinoso y opera como un transductor detectando los cambios en la tensión. Estos receptores sensitivos son inhibitorios por naturaleza, desarrollando una función protectora, reduciendo la potencial posibilidad de producción de lesiones deportivas. Cuando estos receptores son estimulados, inhiben la contracción de los músculos agonistas y excitan los antagonistas<sup>16</sup>.

### **3.1.6. Tipos de contracción.**

El musculo esquelético es capaz de llevar a cabo 3 tipos distintos de contracción que son:

- Contracción isométrica
- Contracción concéntrica
- Contracción excéntrica

Contracción isométrica tiene lugar cuando el musculo se contrae para producir tensión, pero no hay cambios de la longitud muscular. Se puede generar una fuerza considerable contra una resistencia inmóvil incluso sin movimiento alguno<sup>18</sup>.

Contracción concéntrica, el musculo se acorta mientras la tensión se desarrolla para superar o mover alguna resistencia.

Contracción excéntrica, la resistencia es mayor que la fuerza muscular producida, y el musculo se alarga a la vez que produce tensión<sup>18</sup>.

Las contracciones concéntricas y excéntricas se consideran movimientos dinámicos.

### **3.1.7. Potencia muscular.**

La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

La potencia muscular se define como la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo o la intensidad con la que la fuerza es ejercida. Un movimiento potente generalmente supone que se ha efectuado un esfuerzo máximo hacia adelante; sin embargo, el término potencia puede usarse también para describir movimientos sub-máximos. La potencia máxima se determina principalmente por el número total y por el tamaño de las fibras musculares movilizadas; el tipo de unidades de fibras motoras; la composición corporal (% de grasa corporal); la economía y la técnica del movimiento; la amplitud del movimiento articular, y la coordinación. Puesto que la producción de potencia implica movimientos explosivos, el principal sistema de energía para sostener este tipo de actividad es el metabolismo anaeróbico<sup>4</sup>.

### **3.1.8. Factores que influyen en la potencia:**

Factores físicos:

Trabajo: es aquel que se consigue sumando todas las fuerzas realizadas sobre un mismo cuerpo para un desplazamiento determinado<sup>19</sup>.

Tiempo: del latín tempus, la palabra tiempo se utiliza para nombrar una magnitud de carácter físico que se emplea para realizar la medición de lo que dura algo que es susceptible al cambio. Cuando una cosa pasa de un estado a otro y dicho cambio es advertido por un observador ese periodo puede cuantificarse y medirse como tiempo<sup>19</sup>.

### **3.2. Electro-estimulación**

La electroestimulación neuromuscular (EENM) por definición consiste en la aplicación de energía electromagnética al organismo, con el fin de producir sobre él reacciones biológicas y fisiológicas<sup>18</sup>.

Su denominación nace en Grecia cuando Thales de Mileto (600 a.c.) descubre que al frotar un trozo de ámbar, éste adquiere la propiedad de atraer pequeños objetos<sup>18</sup>.

La Historia de la electroterapia se remonta a los tiempos de los romanos, en los cuales utilizaban la anguila eléctrica aplicada en la zona afectada. Muchos investigadores han estudiado la electricidad con fines curativos, entre ellos pueden destacarse a Luigi Galvani que en 1781 publicó sobre la generación de contracciones musculares en ranas a partir del contacto con elementos metálicos<sup>18</sup>.

Otro científico llamado Duchenne continuó investigando por qué las corrientes provocaban contracciones musculares y logró cartografiar las localizaciones sobre la piel donde esta contracción era más efectiva. A estos puntos los llamó “puntos motores”, término que sigue vigente hasta nuestros días<sup>1, 18</sup>.

A partir de la década de los 70's, se enfocó principalmente en deportistas de la Unión Soviética para aumentar la fuerza muscular con este método. Debido a esto, el uso EENM ha sido una herramienta terapéutica de gran utilidad en la rehabilitación de pacientes, así como terapia adjunta a un régimen de ejercicios<sup>1</sup>.

Es un hecho demostrado que la EENM resulta eficaz para aumentar la fuerza muscular<sup>20,21,22</sup>. Según el DR. Yakov Kots en la contracción voluntaria no se puede alcanzar un 100% de la tensión máxima, ya que no se reclutan todas las unidades motoras y la descarga de la motoneurona no es máxima.

Con la NMES adecuadamente seleccionada, podría disminuir el déficit de fuerza en un 10%, al reclutar unidades motoras que no están actuando en la contracción voluntaria. Kots indicó también que, en la EENM, empleando su régimen de “corriente rusa” produce un aumento del 40% de la fuerza muscular y un aumento de 10 cm del salto vertical<sup>21, 23</sup>.

### **3.2.1. Electro-estimulación de baja frecuencia:**

Corrientes de baja frecuencia, corresponde al empleo de las diversas corrientes eléctricas como agentes terapéuticos y el estudio de los efectos neurofisiológicos que estas ejercen sobre los tejidos biológicos.

Baja frecuencia: 10-100Hz.

Corrientes: Galvánicas, Iontoforesis, Diadinámicas, Traberts y Tens.

Estimulación motora: acción motora por estímulos eléctricos (NMES, MES, FES)

Estimulación sensitiva: Analgesia (TENS, Traberts, diadinámicas)

Efectos: Analgesia, estimulación muscular (neuromuscular), reducción de edema, aceleración re inervación (galvanotropismo), estimulación del metabolismo, mejora flujo sanguíneo, resistencia, fortalecimiento y relajación muscular.

### **3.2.2. Electro-estimulación de media frecuencia:**

Corrientes de media frecuencia, son más susceptibles a fibras gruesas, neuronas o unidades motoras tipo IIB. Contracción artificial es fatigable por lo tanto se deben dosificar los parámetros para disminuir una fatiga que no es terapéutica.

Media frecuencia: 1000- 10.000Hz.

Corrientes: corriente rusa.

Efectos: aumenta el tamaño de las fibras musculares, el contenido nuclear de DNA y la masa muscular.

Debemos conocer y comprender la modulación de ciertos parámetros para no evocar efecto que alteren nuestra aplicación sin fatiga<sup>24</sup>.

### **3.2.3. Niveles de estimulación.**

Las tres respuestas o niveles de electroestimulación se perciben en el nivel sensible umbral de sensibilidad (parestesia eléctrica: ligero cosquilleo, hormigueo o vibración). Cuando la intensidad o duración de estímulo es adecuado la estimulación alcanza un nivel motor- umbral motor (contracción muscular palpable o visible). Si el estímulo se hace más intenso, la estimulación se encuentra en el nivel doloroso- umbral doloroso (la percepción del estímulo puede llegar a ser de carácter molesto, doloroso, e incluso puede llegar a ser insoportable<sup>18</sup>.

- Estimulación en el nivel sensible: a baja intensidad la respuesta del estímulo es nula por parte del individuo, por lo que se le denomina sub-umbral. Este nivel de estimulación resulta bien soportado por las personas y se debe a la activación de las fibras sensibles A $\beta$  más cercanas a la superficie. Conforme la intensidad aumenta, esta sensación se hace más intensa y suele extenderse a la región entre los electrodos y más profunda<sup>18</sup>.

- Estimulación a nivel motor: mediante aumenta la amplitud se estimulación aumenta la sensación de parestesia, hasta llegas a un momento en el que hay contracciones musculares palpables que llegaran a ser visibles. Con amplitudes mayores las contracciones serán lo suficientemente intensas como para llegar a producir movilidad articular<sup>18</sup>.
- Estimulación a nivel doloroso: a este nivel la intensidad es tan elevada que se activan muchas fibras A $\delta$  y C que transmiten impulsos nociceptivos. A este nivel también se producen intensas contracciones musculares<sup>18</sup>.

### **3.2.4. Características de la electroestimulación.**

En la electroestimulación se ocupan diferentes tipos de corrientes. Tradicionalmente las corrientes ocupadas en electroestimulación vienen designándose como baja frecuencia (0-1000 Hz) y media frecuencia (1.000- 10.000 Hz), y se caracterizan por los tipos de flujos de corrientes, como:

- Corriente continua: Un flujo continuo de partículas cargadas sin interrupciones o descansos. Una corriente continua que va en una dirección se le denomina también como corriente directa<sup>1</sup>.
- Corriente alterna: Un flujo bidireccional continuo de partículas cargadas. La CA tiene el mismo flujo de iones en cada dirección, y no queda nada de carga en los tejidos.
- Corriente pulsada: Un flujo interrumpido de partículas cargadas donde la corriente fluye en una serie de pulsos separados por períodos cuando la corriente no fluye.
- Frecuencia: Número: de ciclos o pulsos por segundo. La frecuencia se mide en Hercios (Hz) para ciclos o pulsos por segundo para pulsos.
- Fase: es el periodo desde que la corriente empieza a fluir en una dirección hasta que deje de fluir, o lo hace en otra dirección. Una corriente pulsada bifásica, consta de dos fases: la primera fase comienza cuando la corriente comienza a fluir en una dirección y finaliza cuando la corriente comienza fluir en otra dirección. Lo que es también el comienzo de la segunda fase<sup>1</sup>.

- Amplitud (intensidad): La magnitud de la corriente o el voltaje.
- Modulación: Cualquier patrón de variación en uno o más de los parámetros de estimulación. La modulación se utiliza para limitar la adaptación nerviosa a una corriente eléctrica.
- Adaptación: Un descenso de la frecuencia de potenciales de acción y un descenso en la sensación subjetiva de estimulación que se produce en respuesta a la estimulación eléctrica de características fijas<sup>1</sup>.

### **3.2.5. Contraindicaciones.**

- Marcapasos o dispositivos eléctricos implantados: como la distribución de la corriente eléctrica en el tejido es variable se aconseja evitar la terapia eléctrica<sup>25</sup>.
- Osteosíntesis y endoprótesis metálicas: en este apartado se incluyen las placas metálicas dentarias. Actúan como conductores recibiendo el paso de intensidades elevadas, lo que puede producir electrolisis alrededor de la pieza e intolerancia de la misma, cuando se utiliza a intensidades elevadas.
- Anestesia o hipostesia en la piel en la zona a tratar: por el peligro de lesión sin la advertencia de dolor o quemazón, ya que el paciente no será capaz de experimentar la sensación por lo cual no nos dará el feedback de la potencia eléctrica.
- Neoplasia o tumores: como la estimulación eléctrica puede estimular el crecimiento del tejido por lo cual se debería evitar, por posible agravamiento del proceso.
- Embarazo o metrorragias en aplicaciones abdominales: hay influencia de la musculatura uterina y dichas contracciones podrían afectar al feto.
- Trombosis y tromboflebitis: ya que las contracciones musculares inducidas pueden facilitar un trombo embolismo.
- Procesos inflamatorios agudos o infecciones locales: ya que genera un aumento de la irrigación sanguínea con lo que se pueden ver agravados los cuadros.
- Ulceraciones o injertos cutáneos en la zona de electrodos: puesto que presenta una menor sensibilidad en la piel intacta por lo cual se le pueden aplicar demasiada corriente en la zona<sup>1,18,24</sup>.

### **3.2.6. Como la electroestimulación genera cambios en la potencia muscular**

Según el principio de sobrecarga, cuanto mayor sea la carga colocada sobre un músculo y mayor sea la fuerza de contracción que produce, mayor será la ganancia de fuerza del músculo. Este principio se aplica a las contracciones producidas mediante estimulación eléctrica y aquellas generadas por el ejercicio fisiológico, ya que con las estimuladas eléctricamente, la fuerza se incrementa principalmente aumentando la cantidad total de la corriente, ajustando la duración de pulso y la amplitud, así como el tamaño del electrodo, e incrementando la resistencia aplicada externamente. Según la teoría de la especificidad las contracciones musculares fortalecen específicamente las fibras que contraen. La estimulación eléctrica ejerce más efecto sobre las fibras musculares tipo II que sobre las fibras musculares tipo I.

### **3.3. El Salto**

La saltabilidad es considerada como la capacidad de manifestar de una forma explosiva el esfuerzo muscular, para realizar una acción efectiva sin apoyo en el aire es decir, la saltabilidad es una cualidad compleja la cual está compuesta por fuerza, velocidad y habilidad. Así mismo, el salto es una actividad física que se caracteriza por los esfuerzos musculares cortos de carácter “explosivo” y que tiene muchos estilos, donde la técnica es primordial<sup>6</sup>.

#### **3.3.1. Las Fases de Categorización del Movimiento en el Salto:**

Incluye una fase de preparación que como característica del movimiento de caída del centro de masa tiene las siguientes subfases<sup>6</sup>.

- **Equilibrio:** Se presenta únicamente en la caída de una serie de salto de rebote. Como característica la velocidad de caída es la misma al comienzo y al final de la fase.
- **Compresión:** Como característica el final de la fase está determinada por la velocidad en el punto más bajo del centro de masa.

- **Propulsión:** Que caracteriza el impulso hacia arriba del centro de masa y que tiene las siguientes subfases:
- **Fase de aceleración:** La característica es que la velocidad y la aceleración en el levantamiento son positivas.
- **Fase de desaceleración:** La característica es que la velocidad es positiva y la aceleración negativa<sup>6</sup>.

### 3.3.2. El salto vertical.

Las pruebas de salto implican diferentes fenómenos neuromusculares que vinculan diferentes elementos como son el componente contráctil y, los componentes elásticos en serie y en paralelo capaces de almacenar y reutilizar elevadas cantidades de energía. La influencia de la capacidad de coordinación entre las extremidades, así como la contribución a la producción de energía por parte de la acción violenta y enérgica del tronco<sup>25</sup>.

El Sistema Nervioso Central con su reactividad (reflejo miotático) también contribuye a la producción de energía de este gesto motor, de esto se deriva la posibilidad de utilizar instrumentos de medición que nos permiten realizarla individualización en la contribución de cada uno de los componentes del músculo esquelético<sup>26</sup>.

Durante el salto vertical se puede medir la elevación del centro de gravedad observando el tiempo empleado en la fase de vuelo<sup>23</sup>.

Se han utilizado aparatos con alta precisión como las plataformas de fuerza y las plataformas de contacto<sup>25</sup>.

### **3.3.3. Prueba de Bosco.**

La potencia es una de las características más importantes para tener éxito deportivo. Para entrenar óptimamente la potencia es necesario evaluar correctamente la fuerza explosiva.

Este test se basa en el método inventado por el italiano Carmelo Bosco llamado "Test de Bosco" se cuenta con una herramienta más para valorar las características individuales y la selección de la cualidad específica de cada atleta o persona.

El profesor Carmelo Bosco introdujo una plataforma de contacto que permite la evaluación y caracterización de los parámetros funcionales del salto en cada uno de los deportistas evaluados y la medición de la fuerza dinámica de las extremidades inferiores<sup>25,26</sup>.

La batería está conformada por una serie de saltos, muy semejantes a los gestos deportivos utilizados en muchas modalidades atléticas. Para realizar unas pruebas estandarizadas, el profesor Bosco ha constituido la siguiente batería de Prueba<sup>25</sup>:

### **3.3.4. Tipos de salto:**

#### **El Countermovement o contramovimiento Jump:**

La única diferencia con el "squat jump" reside en el hecho que el atleta empieza en posición de pie y ejecuta una flexión de piernas (las piernas deben llegar a doblarse 90° en la articulación de la rodilla). Inmediatamente seguida de la extensión. Entonces lo que se ha provocado es un estiramiento muscular que se traduce por una fase excéntrica. En el Counter Movement Jump (CMJ), el sujeto parte de la posición de pie, con las manos sujetas a las caderas, donde permanecen desde la posición inicial hasta el final el salto. Se trata de realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas, formando durante la bajada un ángulo de 90° con las rodillas, e inmediatamente realizar un salto vertical máximo. Se ha de observar el salto con los mismos criterios de validación que el SJ. Objetivo: Fuerza explosiva, reclutamiento UM, %FT, reutilización energía elástica, coordinación intra e intermuscular. Modalidad: Trabajo concéntrico, precedido por una actividad excéntrica<sup>27</sup>.

Determinantes de la manifestación "Elástico-explosiva". Para valorar esta manifestación reactiva, el ejercicio utilizado es el salto contramovimiento conuntermouvement jump (CMJ) que consiste en un rápido movimiento de semiflexión-extensión de la piernas, partiendo desde la posición erecta y, al igual que en el ejercicio anterior, con un pica sobre los hombros sujeta con las manos. En este ejercicio, la elevación que se consigue es mayor que en Squat Jump, porque a los factores que determinan el tipo de manifestación precedente se añade, en este, el efecto debido al componente elástico, de aquí el nombre de fuerza elástica-explosiva. Durante el estiramiento la energía elástica potencial se almacena en los elementos elásticos en serie y puede ser reutilizada en forma de trabajo mecánico en el inmediatamente posterior trabajo concéntrica, si el período de tiempo entre las fases excéntrico y concéntrica es corto (tiempo de acoplamiento). Si el tiempo de acoplamiento es muy largo, la energía elástica se disipa en forma de calor. La diferencia porcentual en la altura lograda entre los ejercicios (SJ y CMJ) se define como índice de elasticidad ya que lo que principalmente la diferencia es este factor<sup>27</sup>.

#### **Abalakov:**

Proviene del Antiguo test de Abalakov que se realizaba de la siguiente manera: El ejecutante de pie frente a una pared; brazos al costado del cuerpo, planta de los pies totalmente apoyadas en el piso, la punta de los pies deben tocar la pared, la punta de los dedos de la mano impregnados con tiza o humedecidas con agua. Evaluador de pie sobre una silla ubicada al lado del ejecutante. El ejecutante extiende ambos brazos hacia arriba y marca en la pared con la punta de los dedos mayores. Luego manteniendo los dos brazos en alto se separa aproximadamente 30 cm. de la pared ubicándose de perfil a la misma; toma impulso por medio de una semiflexión de piernas, pudiendo bajar brazos salta buscando la máxima altura y con el dedo medio de la mano más próxima a la pared toca la misma lo más alto posible. Tres tentativas y se registra la mejor. En la actualidad el test de Abalakov se realiza sobre la plataforma de salto permitiendo al deportista el uso de los brazos de tal manera que toma impulso por medio de una semiflexión de piernas (las piernas deben llegar a doblarse 90° en la articulación de la rodilla), seguida de la extensión. Pudiendo ayudarse de los brazos durante la realización del salto. Durante la acción de flexión el

tronco debe permanecer lo más recto posible con el fin de evitar cualquier influencia del mismo en el resultado de la prestación de los movimiento inferiores. En ejercicio propuesto por algunos autores como Vitotti para valorar la manifestación "reflejo- elástico-explosiva es el ABALAKOV que es prácticamente igual al CMJ pero con ayuda de brazos. Es decir, los brazos extendidos por detrás del tronco se llevan adelante- arriba en una oscilación vigorosa, coordinada y sincronizada con la semiflexión-extensión de las piernas. Según los factores que determinan la fuerza manifestada en este ejercicio son presumiblemente: el componente contráctil, las capacidades de reclutamiento y sincronización, el componente elástico y el reflejo. Pero teniendo en cuenta que la ejecución de este ejercicio viene a durar ente 500 y 600 ms y que aproximadamente el 50% de este tiempo es amortiguante (fundamentalmente excéntrico) resulta que el reflejo de estiramiento se libera en dicha fase y no en la acelerante ( (Según Tihany 1988 la unión entre los filamentos de actina y miosina tiene una duración limitada que es de 20-60 ms para las fibras rápidas y aproximadamente del doble para las fibras lentas y por tanto solo ayuda a frenar el movimiento descendente. Sin embargo, la oscilación de brazos extendidos produce en la fase amortiguante un mayor momento de fuerza principalmente en los cuádriceps que logran un reclutamiento de unidades motoras de mayor umbral de excitación<sup>27</sup>.

La capacidad contráctil y por tanto la manifestación máxima de la fuerza, constituyen el denominador común de las demás manifestaciones de la fuerza. Presentando esta una relación con la manifestación máxima dinámica que va disminuyendo, a medida que desciende su incidencia porcentual sobre el total manifestado. Es decir, la relación será alta entre la manifestación máxima dinámica y la manifestación explosiva debido a que grande es el aporte de la capacidad contráctil en toda manifestación explosiva de la fuerza) y. al contrario, la relación será baja entre la manifestación máxima dinámica y el reflejo elástico-explosivo<sup>27</sup>.

### **El "Drop Jump" (salto desde un nivel vertical):**

Se trata de efectuar un salto luego de una caída de una altura determinada, partiendo de una posición con piernas extendidas y con un movimiento hacia abajo. El movimiento continuo debe efectuarse con las manos sobre las caderas y el tronco recto. El test está estandarizado sobre 5 alturas de caída: 20 cm. - 40 m.- 60 cm. - 80 cm. - 100 cm. Determinantes de la manifestación "reflejo-elástico-explosiva". Para verificar y valorar la manifestación "reflejo- elástico-explosiva" de la fuerza, se utilizan como test fundamentalmente dos ejercicios, uno dirigido predominantemente a la musculatura extensora de las pierna (el DJ) y otro dirigido predominantemente a la musculatura extensora de los pies (reactividad de Vittori-Bosco)En estos ejercicio de salto, como consecuencia de la poca deformación del sistema que forma el deportista y como consecuencia de un nivel suficiente de fuerza excéntrica y ,en parte una mayor cantidad de tejido conjuntivo (en los componentes elásticos en serie y en paralelo) , el deportista se beneficia de la rigidez (stiffness) favoreciendo el rebote mecánico. Además de los factores que entran en juego en el CMJ, durante la ejecución de estos saltos se verifican generalmente las condiciones que provocan el "reflejo de estiramiento" Esto favorece durante un esfuerzo máximo, el reclutamiento de un mayor número de unidades motoras que permiten el desarrollo de una enorme cantidad de tensión en un corto periodo de tiempo<sup>27</sup>.

### **Saltos durante 15 segundos:**

Se realizan saltos durante 15 segundos realizando poca amortiguación entre cada salto. Valoración de la potencia mecánica, del metabolismo anaeróbico aláctico y láctico, durante la ejecución de saltos continuos del tipo CMJ con una duración de 5 a 60 segundos. TEST DE SALTOS CONTINUOS CMJ. 15", 30", 45", y 60". En los protocolos del Dr. Bosco se utiliza el SJ, pero nosotros utilizamos el CMJ. Debido a que consideramos que esta forma es más específica, para poder confeccionar los programas de entrenamiento. La forma de ejecutar el test es igual que el CMJ pero continuada durante 5 a 60 segundos. De 5 a 15 segundos nos permiten conocer la capacidad de producir potencia utilizando el sistema ATP-CP fundamentalmente<sup>27</sup>. Desde los 30 a los 60 segundos además la resistencia a la potencia anaeróbica aláctica y la pérdida de capacidad de producción de energía elástica (resistencia a la fatiga).

### **3.3.5. Squat Jump:**

Consiste en un salto vertical realizado desde la posición de semi-sentadilla (rodilla flexionada a 90°), con el tronco recto y las manos en la cintura. El deportista debe permanecer en esta posición por 5 segundos para eliminar la energía elástica acumulada durante el preestiramiento<sup>26</sup>. No se permite el contramovimiento, ni la ayuda de los brazos para evitar beneficiar el impulso del salto, que puede incrementar el rendimiento en un 10%. El atleta debe caer en la planta de los pies y con las piernas extendidas. Esta ejecución permite valorar la fuerza explosiva de los miembros inferiores, la capacidad de reclutamiento nervioso y la expresión de un elevado número de fibras rápidas<sup>24,27,28</sup>.

Fuerza explosiva, reclutamiento de UM, % FT. Modalidad: trabajo concéntrico. Relación: Abalakov, Salto largo sin impulso, Cybex 4,2 rad/seg. (Bosco y col, 1983c). Determinantes de la manifestación "explosiva". El ejercicio que se utiliza para valorar la manifestación explosiva de la fuerza es el Squat Jumps (SJ). Desde una posición de semiflexión en total inmovilidad, se realiza una rápida y vigorosa extensión-enderezamiento de las piernas. Tradicionalmente, los brazos han venido colocándose en jarras, con las manos en la cintura, otros autores para reducir al máximo la ayuda que puede representar al despegar las manos, proponen realizar dicho salto con un bastón de madera (pica) apoyada en la nuca como si

de una barra de pesas se tratara. El máximo esfuerzo, en la extensión del tren inferior, debe permitir la realización de n salto vertical lo más alto posible. A esta manifestación al factor "capacidad contráctil " se añade un segundo factor, relativo a la capacidad de sincronización de la contracción de las fibras para tener un valor más homogéneo<sup>27</sup>.

### **3.3.6. Técnica del salto Squat Jump:**

El orden de los pasos a seguir son los siguientes:

- Subir a la plataforma de salto.
- Conseguir una flexión de rodillas de 90°.
- Manos en las caderas y tronco erguido.
- Ángulo al despegar de las piernas de 180°.
- Caída con los pies en hiperextensión

Cuando la persona cae debe realizarlo con una extensión de rodillas y tobillo para ser consistentes con la ejecución de un salto normal y poder tener el real tiempo de vuelo. El salto debe realizarse sin contramovimiento y sin la ayuda de los brazos. Es un tipo de salto de fácil aprendizaje y ejecución, y de alta estandarización. Al realizar el salto sin contramovimiento, el individuo está realizando sólo una contracción concéntrica y no el ciclo estiramiento-acortamiento<sup>5</sup>.

La elevación alcanzada es producto de la velocidad de despegue que alcance el individuo. Esta velocidad de despegue es dependiente de la fuerza explosiva que se genera en los músculos extensores de las extremidades inferiores. Las cualidades evaluadas al ejecutar el Squat Jump son fuerza explosiva, capacidad de reclutamiento de unidades motoras y expresión de las fibras musculares rápidas en uso<sup>5</sup>.

### **3.3.7. Biomecánica y principales músculos involucrados en la ejecución del salto:**

La participación de los principales músculos durante la ejecución del Squat Jump, tanto en la posición inicial de mantenimiento como durante la posterior fase de impulso.

#### **Durante el mantenimiento de la posición inicial**

##### **- Articulación de la cadera**

El principal músculo que interviene a este nivel es el glúteo mayor, que además de permitir el control de la flexión del muslo permite el mantenimiento de la retroversión de la cadera. También participan como agonistas el semimembranoso, el semitendinoso y el bíceps femoral. Otros músculos que participan en el mantenimiento de la posición de la cadera son el psoas iliaco, sartorio y recto anterior de los cuádriceps que actúan como antagonistas<sup>25</sup>.

##### **- Articulación de la rodilla**

Los principales músculos que intervienen a nivel de la articulación de la rodilla serán el recto anterior, el vasto interno, el vasto externo y el vasto intermedio. Además, participan el bíceps femoral, el semitendinoso, semimembranoso y gastrocnemios con una función antagonista<sup>25</sup>.

##### **- Articulación del tobillo**

La articulación del tobillo tendrá una gran importancia en lo que a la posición inicial se refiere, al limitarse el grado de movilidad articular con el choque del astrágalo y la mortaja tibio-peronea. A este nivel los músculos implicados serán el gemelo interno y externo, el soleo, flexor largo de los dedos y peroneos largo y corto. Así mismo el tibial anterior, peroneo anterior, extensor largo común de los dedos actuarán como antagonistas para mantener la estabilidad de la articulación del tobillo<sup>25</sup>.

## **Durante la fase de impulso**

Durante esta fase del salto, el sujeto intentará realizar lo más rápido y fuerte posible una extensión de la cadera, rodilla y tronco, acompañada de una flexión plantar para intentar alcanzar la mayor altura posible, por lo que se producirá una sollicitación concéntrica de los músculos agonistas implicados en la ejecución del salto vertical<sup>25</sup>.

### **- Articulación de la cadera**

Participarán el glúteo mayor, piriforme, semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral. También podemos incluir los músculos interespinales, dorsal largo, iliocostal, cuadrado lumbar, recto abdominal y oblicuos que intervienen fijando el tronco para evitar cualquier desajuste durante la ejecución del movimiento<sup>6</sup>.

### **- Articulación de la rodilla**

La participación de los extensores de la rodilla resulta fundamental en la ejecución del salto vertical, con una especial implicación de los vastos interno y externo<sup>25</sup>.

### **- Articulación del tobillo**

Los principales músculos implicados serán el gemelo interno y externo, el soleo, flexor largo de los dedos y fibulares largo y corto<sup>25</sup>.

## **4. Metodología de la investigación**

### **4.1. Definiciones de la Investigación:**

#### **4.1.1. Población y Muestra:**

La selección de sujetos de muestra es por conveniencia no probalística. Serán 30 sujetos evaluados en tres oportunidades distintas con una diferencia de una semana entre evaluaciones. Los sujetos evaluados deberán firmar un consentimiento informado previo a la realización de la intervención. Estudios indican que la muestra no estaría contaminada desde una perspectiva fisiológica, al ser los sujetos evaluados en tres oportunidades distintas<sup>29</sup>.

#### **4.1.2. Criterios de inclusión:**

1. Género masculino: las diferencias físicas externas entre ambos géneros, van desde la talla de la mujer es entre 7 y 10 cms inferior al hombre, el peso corporal alrededor de 10 kg menos y tiene entre 4 y 6 kg más de grasa. Además, los hombres poseen una mayor masa muscular. A nivel hormonal la testosterona presente en las mujeres es alrededor de una décima que la que poseen los hombres, y debido a la influencia de esta hormona en el desarrollo de la fuerza y los músculos, las mujeres tienen menores posibilidades de desarrollar igual fuerza y tamaño muscular<sup>30</sup>. Además las mujeres tienen más estrógeno, hormona femenina que interfiere en el crecimiento muscular e incrementa la grasa corporal.
2. Edad entre 20-30 años. Porque es el rango etario en el cual los deportistas generan un mejor rendimiento<sup>31</sup>.
3. Usuarios con deterioro mental o de sensibilidad: el uso de electro-estimulación es contraindicado ya que no es posible obtener una adecuada información del nivel de estimulación que el sujeto está percibiendo al momento de aplicar electroestimulación<sup>16</sup>.

4. Porcentaje de grasa menor a 20%: %: La OMS considera Normo Peso un IMC (kg/m<sup>2</sup>) entre 18.5 a 24.9, Sobrepeso o Pre Obeso entre 25 a 29.9, y Obesidad IMC igual o superior a 30. La obesidad está asociada con trastornos musculoesqueléticos que afectan a las extremidades inferiores, tales como la osteoartritis de rodilla y cadera. Un porcentaje de grasa mayor a 20% aumenta la resistencia del paso de la corriente al tejido muscular<sup>32</sup>.
5. Deben haber comido, al menos 4 horas antes de la ejecución del salto: El catabolismo se produce cuando el propio organismo, al no recibir alimento, acaba por nutrirse de sus propios tejidos consumiendo de esta manera el músculo y acabando poco a poco con nuestra masa muscular. Un proceso que puede llevarse a cabo en casos en los que sometemos a nuestro cuerpo a duros entrenamientos y no lo alimentamos<sup>33</sup>.

La nutrición deportiva es una rama especializada de la nutrición aplicada a las personas que practican deportes de diversa intensidad. El objetivo de la nutrición relacionada al deporte es cubrir todas las etapas relacionadas a éste, incluyendo el entrenamiento, la competición, la recuperación y el descanso. Entre los factores que determinan el rendimiento deportivo, la nutrición es uno de los más relevantes, además de los factores genéticos del deportista, el tipo de entrenamiento y los factores culturales. La dieta de los deportistas se centra en tres objetivos principales: aportar la energía apropiada, otorgar nutrientes para la mantención y reparación de los tejidos especialmente del tejido muscular, y mantener y regular el metabolismo corporal<sup>33</sup>.

### 4.1.3. Criterios de exclusión:

1. Usuarios con patologías cardíacas o circulatorias: La práctica de ejercicio físico conlleva una serie de respuestas por parte de nuestro organismo. Si éste solo se realiza en un determinado momento, de manera aislada y esto no se repite en dos o tres semanas, se hablará de una “respuesta fisiológica aguda”. En este tipo de respuesta el organismo intenta suplir las necesidades temporales de este esfuerzo físico, sin que se produzca ninguna adaptación a largo plazo para cubrir estas necesidades. Cuando este esfuerzo físico se repite con una determinada intensidad, duración y periodicidad en el tiempo, estamos frente a lo que llamamos un “entrenamiento” que implica una adaptación crónica para cubrir mejor las necesidades<sup>24</sup>. Los efectos biológicos que van a tener lugar sobre el corazón serán:

- Hipertrofia del músculo cardíaco (aumento de tamaño de la fibra cardíaca).
- Aumento de las cavidades de los ventrículos.
- Reducción de la frecuencia cardíaca en reposo.
- Aparición de alteraciones en el electrocardiograma basal consistentes en alteraciones de la repolarización, trastornos de la conducción y algún tipo de arritmia, siempre benignas y secundarias a la hipertrofia miocárdica.

Todos estos cambios producen lo que ha dado en llamarse “el síndrome del corazón del atleta” y es la expresión de una adaptación crónica del corazón a una demanda continuada en el tiempo y a una determinada intensidad de ejercicio. La extracción del oxígeno por parte del corazón desde la sangre se realiza “al máximo” incluso en reposo. Durante el ejercicio, para suplir las necesidades mayores de oxígeno, el corazón lo que hace es “aumentar” el tamaño de los vasos que le llevan la sangre, las arterias coronarias. Otra adaptación del corazón cuando se realiza un entrenamiento aeróbico regular es un alargamiento de la fibra muscular cardíaca que conlleva un aumento de las cavidades cardíacas, esto es lo que se conoce como cardiomegalia. Las consecuencias de este aumento del tamaño son que en cada expulsión de sangre, el volumen de ésta es mayor y por consiguiente la cantidad de oxígeno que transporta la sangre en cada latido está aumentada. Con respecto a la frecuencia cardíaca, con el entrenamiento ésta se reduce en reposo, pero en el ejercicio máximo ésta apenas se incrementa.

2. Usuarios con tromboflebitis o trombosis arterial o venosa: La electroestimulación está contraindicada ya que las contracciones musculares inducidas por el uso de esta técnica pueden facilitar un tromboembolismo<sup>24</sup>.
3. Usuarios con deterioro mental o de sensibilidad: el uso de electro-estimulación es contraindicado ya que no es posible obtener una adecuada información del nivel de estimulación que el sujeto está percibiendo al momento de aplicar electroestimulación<sup>16</sup>.
4. Usuarios con irritación de la piel o heridas abiertas: al estar dañada la piel los nervios de la zona dañada está mucho más sensible de lo normal y eso hace que el paso de electricidad desde el electrodo hasta el musculo, en su paso por la piel sea muy incómoda e incluso dolorosa<sup>34</sup>.
5. Usuarios con irritación de la piel o heridas abiertas: al estar dañada la piel los nervios de la zona dañada está mucho más sensible de lo normal y eso hace que el paso de electricidad desde el electrodo hasta el musculo, en su paso por la piel sea muy incómoda e incluso dolorosa<sup>34</sup>.
6. Usuarios que usen drogas recreativas o alcohol al menos una semana antes del estudio: El uso de alcohol y drogas recreativas pueden generar cambios en el comportamiento fisiológico normal, tales como exacerbación o disminución de la respuesta del sistema nervioso, fatiga muscular, e inclusive llegar a generar mayores lesiones producto del consumo de estas. En el caso del alcohol existe un metabolismo que lleva alrededor de 6-7 días, por lo que sería tiempo suficiente para la eliminación de este del sistema<sup>36</sup>.
7. Usuarios que hayan realizado actividades deportivas previas a evaluación al menos 6 horas antes de la ejecución del salto: Esto se debe a que las fuentes energéticas tanto musculares como neurales tienen un periodo de recuperación de hasta 6 horas según la evidencia actual<sup>37</sup>.

8. Incorrecta ejecución del salto: Existen revisiones sistemáticas que hacen referencia a la postura y técnica a realizar en el gesto deportivo, de ser realizado de mala manera puede generar daños estructurales, esto sumado a otros factores como alimentación o enfermedades de base puede aumentar o estar más propenso a lesiones. De ahí radica el generar buen posicionamiento en el gesto técnico<sup>38</sup>.

#### **4.1.4. Variables:**

**Variable Independiente:** Contracción concéntrica de los músculos gastrocnemios en sujetos deportistas de alto rendimiento, asociada a electroestimulación de media y baja frecuencia.

**Tipo de contracción:** Contracción concéntrica

**Definición conceptual:** Una contracción concéntrica ocurre cuando un músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia, de forma tal que éste se acorta, y moviliza una parte del cuerpo venciendo dicha resistencia<sup>10</sup>.

**Definición operacional:** Se realizara de forma observacional, el sujeto realizara una contracción concéntrica con una duración de 10 segundos, seguido de un descanso de 50 segundos, con 10 repeticiones. La contracción se realizara con el sujeto de pie el cual realizara la acción de punta de pie, con el peso corporal del sujeto.

#### **Variable independiente**

**Tipo de corriente:** Corrientes de baja y media frecuencia

**Definición conceptual:** Corrientes de baja frecuencia, corresponde al empleo de las diversas corrientes eléctricas como agentes terapéuticos y el estudio de los efectos neurofisiológicos que estas ejercen sobre los tejidos biológicos.

Baja frecuencia: 10-100Hz.

Corrientes: Galvánicas, Iontoforesis, Diadinámicas, Traberts y Tens.

Estimulación motora: acción motora por estímulos eléctricos (NMES, MES, FES)

Estimulación sensitiva: Analgesia (TENS, Traberts, diadinámicas)

Efectos: Analgesia, estimulación muscular (neuromuscular), reducción de edema, aceleración re inervación (galvanotropismo), estimulación del metabolismo, mejora flujo sanguíneo, resistencia, fortalecimiento y relajación muscular.

**Definición conceptual:** Corrientes de media frecuencia, son más susceptibles a fibras gruesas, neuronas o unidades motoras tipo IIB. Contracción artificial es fatigable por lo tanto se deben dosificar los parámetros para disminuir una fatiga que no es terapéutica.

Media frecuencia: 1000- 10.000Hz.

Corrientes: corriente rusa.

La corriente rusa aumenta la fuerza muscular en un proceso de rehabilitación, común en la kinesiología.

Debemos conocer y comprender la modulación de ciertos parámetros para no evocar efecto que alteren nuestra aplicación sin fatiga<sup>21</sup>.

**Definición operacional:** la EMS será aplicada mediante una corriente pulsada, con una duración de fase de 300 microsegundos, con una frecuencia de estimulación de 30 Hz, con una amplitud de estímulo al máximo tolerable; en donde los electrodos (2) se posicionaran de proximal a distal en el vientre muscular del musculo gastrocnemio, a una distancia entre 5 a 10 cms entre cada electrodo. Con una activación de 10 segundos donde el sujeto realizo una contracción concéntrica levantando los talones, seguido de un descanso de 50 segundos.

La corriente RUSA es una corriente bifásica, con una onda portadora de 2.500 Hz, frecuencia de estimulación de 50 Hz, con una amplitud de estímulo al máximo tolerable; donde los electrodos (4) se posicionaran de proximal a distal (2) y de medial a lateral (2) en el vientre muscular del musculo gastrocnemio. Con una activación de 10 segundos donde el sujeto realizo una contracción concéntrica levantando los talones, seguido de un descanso de 50 segundos.

Para garantizar una liberación homogénea de la corriente, los electrodos deben apoyarse suavemente sobre la piel sin arrugas ni defectos en los vientres musculares. Los electrodos no se deben colocar directamente sobre prominencias óseas por la alta resistencia del hueso y porque la mala adhesión de los electrodos en superficies con muchos relieves aumenta el riesgo de molestia y de quemaduras. La distancia o el espacio entre los electrodos afecta la profundidad y al trayecto de la corriente. Cuanto más cerca esté los electrodos, más superficial viajará la corriente y viceversa. Dependerá también del objetivo si se aplican 2 o 4 electrodos sobre la piel.

**Variable Dependiente:** Potencia del músculo gastrocnemio (watts), Tiempo (s) de duración del salto, Velocidad (m/s) del despegue del salto y Altura (m) del salto.

**Definición conceptual:** La potencia muscular se define como la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo o la intensidad con la que la fuerza es ejercida. La potencia máxima se determina principalmente por el número total y por el tamaño de las fibras musculares movilizadas; el tipo de unidades de fibras motoras; la composición corporal; la economía y la técnica del movimiento; la amplitud del movimiento articular, y la coordinación. Puesto que la producción de potencia implica movimientos explosivos, el principal sistema de energía para sostener este tipo de actividad es el metabolismo anaeróbico<sup>25</sup>.

**Definición operacional:** esta medición se realizara a través del salto Squat Jump; este consiste en un Salto vertical realizado desde la posición de semi-sentadilla (rodilla flexionada a 90°), con el tronco recto y las manos en la cintura. El sujeto debe permanecer en esta posición por 5 segundos para eliminar la energía elástica acumulada durante el pre-estiramiento.

Los datos del salto serán registrados en un computador, el cual nos proporcionara la información obtenida en cada salto mediante la plataforma Axón Jump. Esta plataforma se encarga de entregar datos relacionados con las cualidades físicas, tales como la fuerza explosiva o la resistencia a la fuerza, como así también datos relacionados con la biomecánica, como lo son el tiempo de vuelo y contacto.

## **5. Procedimiento.**

### **5.1. Protocolo del estudio:**

En primera instancia, se les explica la metodología a seguir en relación a la evaluación del estudio y se hará entrega de un consentimiento informado donde se indica por escrito los pasos a realizar.

El protocolo de contracción concéntrica de gastrocnemios se utilizara con el fin de objetivar los cambios de la potencia muscular sin aplicación de electroterapia, de esta manera se obtiene un registro de los cambios de las variables para contracción concéntrica sin un aparato externo, y posteriormente comparar los resultados y variaciones de potencia con los protocolos de electroestimulación establecidos.

La contracción concéntrica serán realizadas minuciosamente, con determinación y máximo empeño, el sujeto será alentado verbalmente para tener óptimos resultados. Las mediciones se realizaran con tiempo y en calma, debido que se consideró la posibilidad de cometer algunos errores de ejecución, también se les dará la posibilidad a los sujetos de probar varias veces hasta que tomaran conciencia del movimiento requerido y familiarización con el instrumento de medición.

### **5.2. Protocolos de Evaluación.**

#### **5.2.1. Salto Control.**

Los sujetos realizaran el salto Squat Jump en la plataforma de fuerza en tres oportunidades quedando registrado la mejor de los tres saltos, luego 10 minutos después los sujetos realizaran una contracción concéntrica de 10 segundos y 50 segundos de descanso los individuos deberán levantar los talones. Luego realizara el salto Squat Jump nuevamente en tres oportunidades.

### **5.2.2. Salto con EENM**

Los sujetos realizarán el salto Squat Jump en la plataforma de fuerza en tres oportunidades quedando registrado el mejor de los tres saltos, luego 10 minutos después se aplicará electroestimulación neuromuscular, una corriente pulsada, con una duración de fase de 300 microsegundos, frecuencia de estimulación de 30 Hz, con una amplitud de estímulo al máximo tolerable; con una activación de 10 segundos donde el sujeto realice una contracción concéntrica levantando los talones, seguido de un descanso de 50 segundos. Luego realizará el salto Squat Jump nuevamente en tres oportunidades después de 10 minutos de realizado el protocolo de EENM de baja frecuencia.

### **5.2.3. Salto con EENM Protocolo Ruso.**

Los sujetos realizarán el salto Squat Jump en la plataforma de fuerza en tres oportunidades quedando registrado el mejor de los tres saltos, luego 10 minutos después se aplicará electroestimulación neuromuscular, una corriente bifásica, con una onda portadora de 2.500 Hz, frecuencia de estimulación de 50 Hz, con una amplitud de estímulo al máximo tolerable; con una activación de 10 segundos donde el alumno realice una contracción concéntrica levantando los talones, seguido de un descanso de 50 segundos. Luego 10 minutos después se realizará el salto Squat Jump nuevamente en la plataforma de fuerza en tres oportunidades registrándose el mejor valor de los tres saltos realizados.

### **5.2.4. Protocolo de Ejecución del Salto.**

El protocolo del salto consistirá en dar instrucciones básicas respecto a la ejecución del Squat Jump, el sujeto se dispone en posición erguida con flexión de codo y apoyo de las manos sobre las caderas. A continuación, debe llegar a una flexión de rodilla de 90°, para luego realizar el salto vertical. Durante el salto, el tronco debe permanecer recto, y manos fijas en la cadera, así se evita cualquier influencia sobre el trabajo a nivel de miembro inferior.

### **5.2.5. Medición de Variables.**

Una de las máquinas que se utilizó fue: La Combi 200L, un dispositivo con 2 canales independientes. Posee dos Perillas rotatorias de control para los diversos tipos de electroterapia, ultrasonido, láser, terapias combinadas y simultáneas. Equipado con protocolos de electroterapia para el control del dolor y estimulación muscular.

También se utilizara el Analizador de Composición Corporal, marca Tanita, modelo TBF-300A, con el cual se obtuvo el peso e IMC de cada sujeto, dato requerido por la plataforma de fuerzas para censar los saltos.

La plataforma de Fuerza es un Axon Jump un instrumento semirrígido plegable y portátil, comandado por software e interconectables entre sí. Está diseñado para; la evaluación de distintas capacidades mecánicas cinemáticas en deportistas tales como: capacidad de salto en distintas condiciones, fatiga en saltos continuos, velocidad de desplazamiento horizontal, pliometría de miembros superiores, frecuencia en skipping y cronómetro automático programable. La plataforma es un instrumento validado por profesionales del área biomecánica y utilizado en varios estudios<sup>39</sup>.

## **6. Análisis de Datos.**

### **6.1. Tabulación de los datos.**

El estudio propuesto fue llevado a cabo por el 100% de los sujetos de la muestra, correspondiente a 30 casos. Se realizan las intervenciones correspondientes a cada uno de ellos, registrando los parámetros obtenidos en cada evaluación. Una vez completado todos los registros, fueron tabulados para su análisis estadístico.

### **6.2. Análisis Estadístico.**

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Microsoft Excel. Para verificar si los datos distribuyen de forma normal, se aplicó el test de normalidad ShapiroWilk. Posterior a la verificación de la distribución normal, se aplicó la Test De Student t y Test de Wilcoxon para el análisis de significancia estadística obtenida por la diferencia de las muestras obtenidas de las intervenciones, se utilizaron los Test de Anova y Test de Kruskal-Wallis para contrastar la hipótesis nula de que las medias en poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

Las muestras fueron analizadas con un intervalo de confianza del 95% significancia para valor  $p = < 0.05$ .

## 7. Resultados.

Los datos para los parámetros de Altura, Tiempo, Velocidad y Potencia fueron analizados con el Test de Shapiro Wilk, para verificar si existe normalidad dentro de estos. A continuación se utilizan los Test T student y Test de Wilcoxon, para verificar la distribución normal y no normal. Gracias a estos se logran obtener los valores P de las muestras, quienes fueron en su totalidad no significativos.

### 7.1. Cambios significativos y no significativos por cada parámetro medido, a través de los Test T Student y Test de Wilcoxon, incluyendo Pre y Post intervención en contracción concéntrica (CC), corriente NMES y corriente Rusa (CR).

#### 7.1.1. Parámetro Altura.

Variable	Intervención	Media y DS Pre	Media y DS Post	Valor P	SIGNIFICANCIA
Altura (h)	CC	M: 0,273166667 DS: 0,062977327	M: 0,272 DS: 0,065346292	0,787707	No significativo
	NMES	M: 0,2716 DS: 0,072319979	M: 0,2775 DS: 0,066969242	0,316457	No significativo
	CR	M: 0,266166667 DS: 0,063958544	M: 0,272666667 DS: 0,062217823	0,139339	No significativo

Los datos obtenidos en esta figura, referentes al valor P fueron obtenidos a través del Test T Student. Además se puede verificar los valores de la media y desviación estándar pre y post intervención.

Con lo anteriormente mencionado se puede observar como resultado una no significancia en las tres intervenciones.

### 7.1.2. Parámetro Tiempo.

Variable	Intervención	Media y DS Pre	Media y DS Post	Valor P	SIGNIFICANCIA
<b>Tiempo (T)</b>	<b>CC</b>	<b>M: 0,471666667</b>	<b>M: 0,4647</b>	<b>0,420973</b>	<b>No significativo</b>
		<b>DS: 0,063031647</b>	<b>DS: 0,078748465</b>		
	<b>NMES</b>	<b>M: 0,472666667</b>	<b>M: 0,479333333</b>	<b>0,187967</b>	<b>No significativo</b>
		<b>DS: 0,061472356</b>	<b>DS: 0,065754682</b>		
	<b>CR</b>	<b>M: 0,477</b>	<b>M: 0,474</b>	<b>0,467267</b>	<b>No significativo</b>
		<b>DS: 0,057183914</b>	<b>DS: 0,064144234</b>		

Los datos obtenidos en esta figura, referentes al valor P fueron obtenidos a través del Test T Student. Además se puede verificar los valores de la media y desviación estándar pre y post intervención.

Con lo anteriormente mencionado se puede observar como resultado una no significancia en las tres intervenciones.

### 7.1.3. Parámetro Velocidad.

Variable	Intervención	Media y DS Pre	Media y DS Post	Valor P	SIGNIFICANCIA
Velocidad (vel)	CC	M: 2320,033333 DS: 251,3776501	M: 2585,2 DS: 329,2712329	0,607106	No significativo
	NMES	M: 2278,733333 DS: 286,4697051	M: 2306,333333 DS: 274,706782	0,158603	No significativo
	CR	M: 2268,066667 DS: 268,0135011	M: 2297,3 DS: 260,0757383	0,107653	No significativo

Los datos obtenidos en esta figura, referentes al valor P fueron obtenidos a través de los Test T Studen (NMES y corriente Rusa) y Test de Wilcoxon (contracción concéntrica) Además se puede verificar los valores de la media y desviación estándar pre y post intervención.

Con lo anteriormente mencionado se puede observar como resultado una no significancia en las tres intervenciones.

#### 7.1.4. Parámetro Potencia.

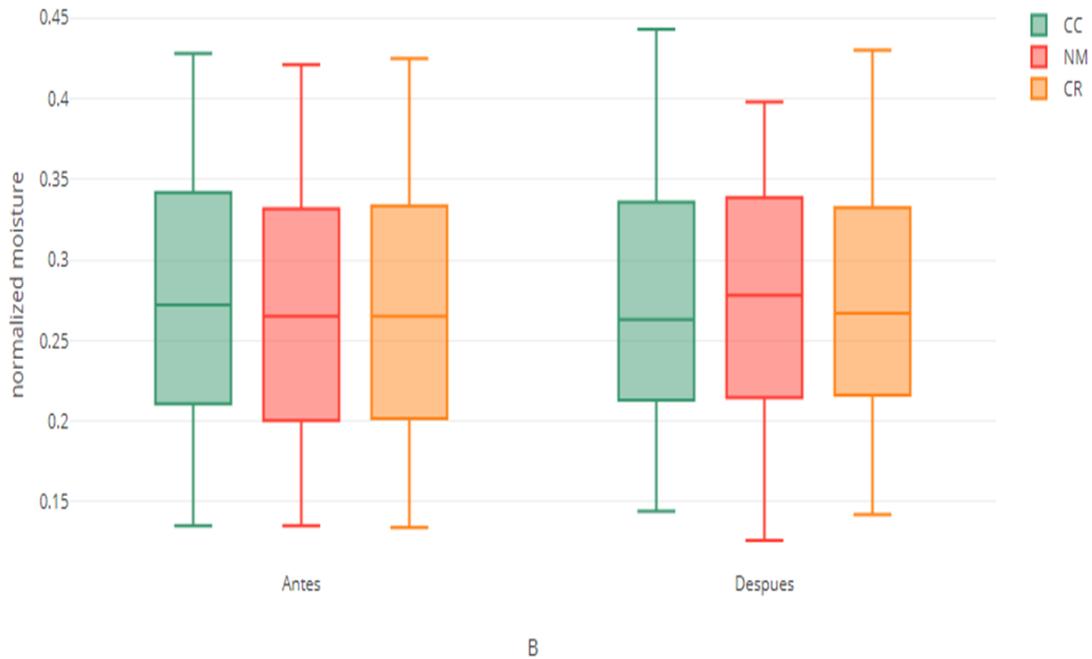
Variable	Intervención	Media y DS Pre	Media y DS Post	Valor P	SIGNIFICANCIA
Potencia (W)	CC	M: 357,0683333 DS: 124,724142	M: 354,5526667 DS:133,2914544	0,652191	No significativo
	NMES	M: 352,938 DS: 117,3871707	M: 369,796 DS: 131,8405507	0,298944	No significativo
	CR	M: 355,1573333 DS: 112,6855931	M: 369,417 DS: 142,677907	0,628843	No significativo

Los datos obtenidos en esta figura, referentes al valor P fueron obtenidos a través del Test de Wilcoxon. Además se puede verificar los valores de la media y desviación estándar pre y post intervención.

Con lo anteriormente mencionado se puede observar como resultado una no significancia en las tres intervenciones.

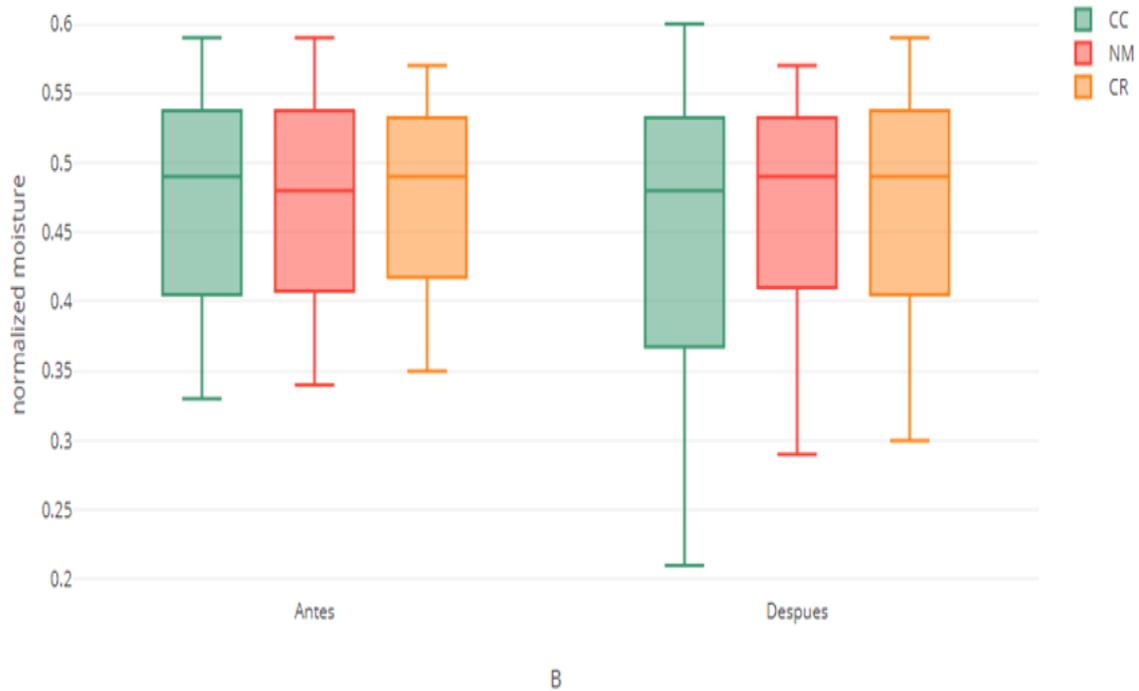
## 7.2. Análisis descriptivo.

### 7.2.1. Grafico Altura.



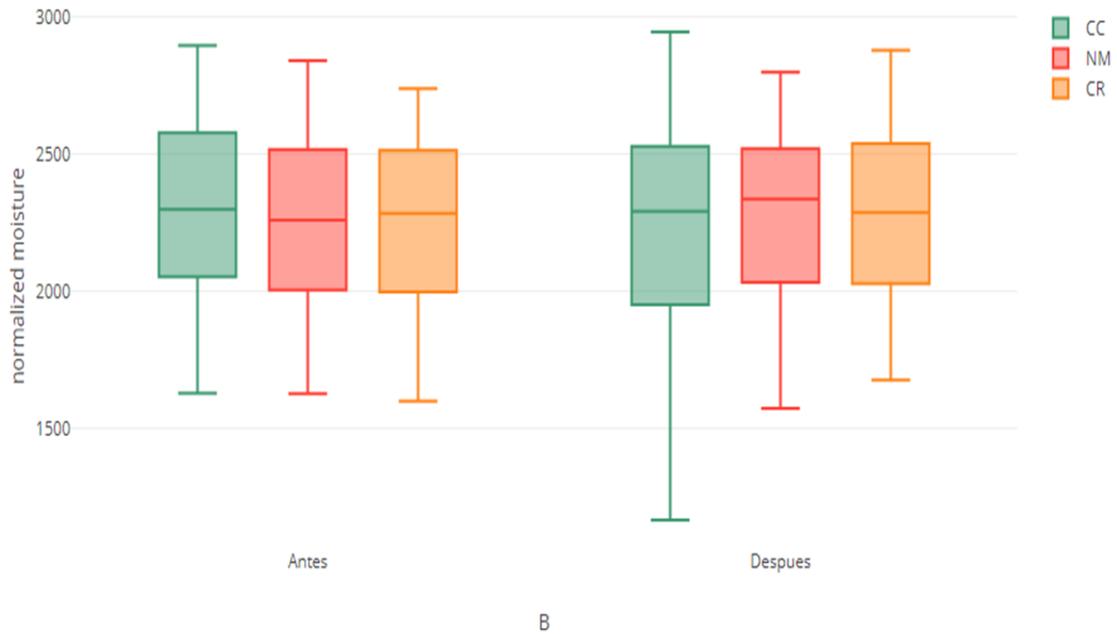
En el siguiente grafico se observa la comparación entre las alturas obtenidas pre y post intervención. En la contracción concéntrica (CC) se observa una disminución en la altura, posterior a la intervención. Luego de comparar la corriente NMES (NM) se observa un aumento en la altura posterior a la aplicación de esta. La intervención con corriente Rusa (RS) muestra un aumento en la altura posterior a la intervención.

### 7.2.2. Grafico Tiempo.



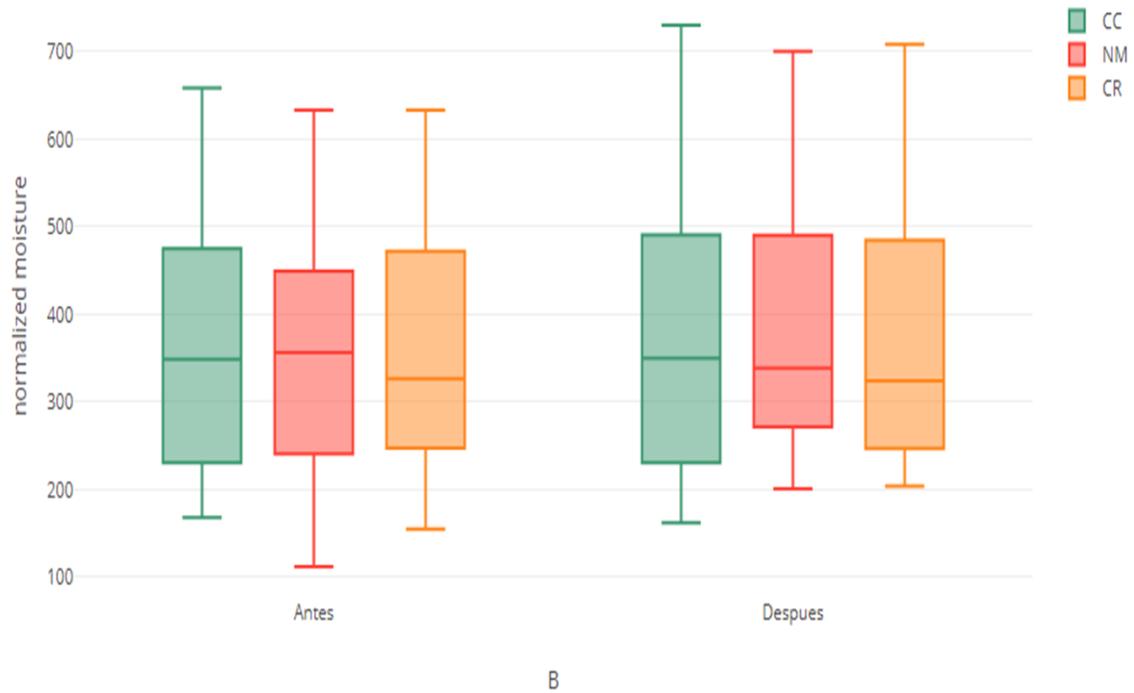
En el siguiente grafico se observa la comparación entre los tiempos de salto obtenidos pre y post intervención. En la contracción concéntrica (CC) se observa una disminución en el tiempo de salto, posterior a la intervención. Luego de comparar la corriente NMES (NM) se observa un aumento en el tiempo de salto posterior a la aplicación de esta. La intervención con corriente Rusa (RS) muestra una disminución en el tiempo de salto posterior a la intervención.

### 7.2.3. Grafico Velocidad.



En el siguiente grafico se observa la comparación entre las velocidades obtenidas pre y post intervención. En la contracción concéntrica (CC) se observa una disminución en la velocidad, posterior a la intervención. Luego de comparar la corriente NMES (NM) se observa un aumento en la velocidad posterior a la aplicación de esta. La intervención con corriente Rusa (RS) muestra un aumento en la velocidad posterior a la intervención.

#### 7.2.4. Grafico Potencia.



En el siguiente grafico se observa la comparación en la potencia obtenida pre y post intervención. En la contracción concéntrica (CC) se observa una disminución en la potencia, posterior a la intervención. Luego de comparar la corriente NMES (NM) se observa un aumento en la potencia posterior a la aplicación de esta. La intervención con corriente Rusa (RS) muestra un aumento en la potencia posterior a la intervención.

## 8. Discusión:

El presente estudio busca comprobar los cambios a corto plazo en la potencia generada en los músculos gastrocnemios a través de electro-estimulación de baja y media frecuencia como una herramienta complementaria al deporte realizado por los sujetos de estudio.

Considerando los objetivos de la investigación se comprobó que no existen cambios significativos en la potencia generada de los músculos gastrocnemios al ser intervenidos con electro-estimulación de baja y media frecuencia a corto plazo.

Cuando hablamos de los efectos que genera la electro-estimulación en sujetos sedentarios, esta resulta que existe un aumento de la fuerza pero no es significativo.

Según el Dr Yakov Kots en la contracción voluntaria no se puede alcanzar un 100% de la tensión máxima ya que no se reclutan todas las unidades motoras, y la descarga de la motoneurona no es máxima. Debido a esto, el uso NMES ha sido una herramienta terapéutica de gran utilidad en la rehabilitación de pacientes, como terapia adjunta a un régimen de ejercicios<sup>20,21,22</sup>.

Con la NMES adecuadamente seleccionada, podía disminuir el déficit de la fuerza en un 10%, al reclutar unidades motoras que no están actuando en la contracción voluntaria. Kots indicó también que, en la EENM, empleando su régimen de “corriente rusa” produce un aumento del 40% de la potencia muscular y un aumento de 10 cms en el salto vertical<sup>18,28</sup>.

Lo expuesto anteriormente basado en la literatura actual queda demostrado que existen cambios significativos en el aumento de la potencia muscular en sujetos sedentarios. En cambio en nuestro estudio realizado con sujetos deportistas de alto rendimiento, no se presentaron cambios significativos en el aumento de la potencia muscular, generada en los músculos gastrocnemios con la aplicación de NMES a corto plazo.

Desde el punto de vista neurofisiológico durante las contracciones iniciadas fisiológicamente, las fibras musculares tipo I de contracción lenta y más pequeñas, se activan antes que las fibras nerviosas y musculares más grandes. Por el contrario, con las contracciones estimuladas eléctricamente, las fibras nerviosas de mayor diámetro, que inervan a las fibras musculares de tipo II de contracción rápida de mayor tamaño, se activan en primer lugar y aquellas con un diámetro menor se reclutan más tarde. Estas fibras musculares de contracción rápida, grandes son las que producen la contracción más fuerte y rápida, pero se fatigan y se atrofian con rapidez con el desuso. Las fibras musculares de contracción lenta más pequeñas, que son reclutadas fisiológicamente en primer lugar, generan contracciones de menor fuerza pero son más resistentes a la fatiga y la atrofia. Una implicancia importante de esta diferencia es que las contracciones estimuladas eléctricamente, pueden ser sumamente eficaces para fortalecer las fibras musculares debilitadas por el desuso<sup>1,18</sup>.

El músculo gastrocnemio originalmente presenta una mayor cantidad de fibras musculares de tipo II, esto también pudiese influir en los resultados de nuestro estudio, debido a que al ser deportistas de alto rendimiento, estas fibras ya pudieron haber sido desarrolladas, generando en la evaluación que el cambio generado sea menor, al estar el músculo ya adaptado. Lo anterior sugiere que la intervención por sí sola no es suficiente para generar cambios en el músculo.

Debido a que los mecanismos de fatiga del músculo son numerosos y pueden tener sus orígenes en cualquier lugar desde el sistema nervioso central a nivel celular musculares. Los principales mecanismos propuestos de producción de la fatiga son: la excitación inadecuada de las motoneuronas, el fracaso del potencial de acción de invadir el botón sináptico, la falta de potencial de acción para propagar la longitud total en el sarcolema, la actividad mitocondrial, lo que significa disminución en los eventos metabólicos que sostienen la contracción<sup>40</sup>. Los factores expuestos anteriormente no pudieron ser controlados en este estudio.

Cuando hablamos de contracciones estimuladas eléctricamente, hablamos de una fatiga mayor que las fisiológicas, por lo que se deben permitir periodos de reposo más largos entre las que son estimuladas. Una de las diferencia entre las contracciones estimuladas eléctricamente y las iniciadas fisiológicamente, es la suavidad del inicio de éstas. Las contracciones fisiológicas suelen aumentar gradualmente en una forma escalonada y suave en el aumento de la fuerza, la cual está regulada por el control fisiológico del reclutamiento y el ritmo de activación de la unidad motora, las que se mantienen suavemente gracias a un reclutamiento asincrónico de unidades motoras. Por el contrario, las estimuladas eléctricamente tienen un inicio rápido, a menudo espasmódico, ya que todas las unidades motoras de un tamaño concreto se disparan simultáneamente cuando el estímulo alcanza el umbral motor<sup>20</sup>.

A través de esta investigación hemos querido caracterizar cambios en la potencia muscular generada en los músculos gastronecmios con electroestimulación de baja y media frecuencia, sin embargo, la variabilidad de los datos obtenidos no nos permite establecer lo esperado, ya que no se obtuvieron resultados significativos en la potencia muscular generada, sino sólo determinar ciertas tendencias, por lo que a continuación presentamos algunos conceptos que es importante mencionar:

En relación a la medición de los parámetros obtenidos a través la plataforma de salto Axon Jump, la contracción concéntrica presentó una disminución de los valores posterior a la intervención. En cambio con la aplicación de corriente NMES se obtuvo un aumento de los parámetros medidos posterior a la realización del salto con el uso de esta corriente. Por último, el uso de corriente Rusa presento una mejora en los parámetros evaluados.

## **9. Conclusión**

Dentro de los parámetros que se utilizaron para evaluar se encuentra; altura, velocidad, tiempo y potencia. Las intervenciones que se utilizaron para medir cada uno de estos parámetros fueron; contracción concéntrica, corriente NMES y corriente rusa. Si bien a través de cada uno de los parámetros medidos se obtuvieron valores positivos, estos no llegan a ser significativos. Con esto queda demostrado que la electro-estimulación a corto plazo no es factible para el aumento en la potencia muscular.

Por lo cual no se recomienda el uso de electroestimulación a corto plazo para generar un aumento de la potencia muscular en deportistas de alto rendimiento, para mejorar el gesto técnico del salto y su rendimiento deportivo.



## 10. Bibliografía:

1. Michelle H. Cameron. Agentes físicos en rehabilitación. Ed Elsevier Saunders. 2013, pág. 224-235.
2. Affiuleti NA, Dougnani S, Folz M, Dipierno E. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Oct;34(10):1638-44.
3. Aguado, X.; Grande, I.; López, JL. Consideraciones sobre conceptos y clasificaciones de la fuerza muscular desde el punto de vista mecánico en Biomecánica de la fuerza muscular y su valoración. Análisis cinético de la marcha, natación, gimnasia rítmica, bádminton y ejercicios de musculación. Investigación en ciencias del deporte. Ministerio de Educación y Cultura, Consejo Superior de Deportes. Madrid. Número 21, 1999 pág. 8 –26.
4. Bosco, C. La fuerza explosiva Pp. 95. En La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Publicaciones Inde. Barcelona 2000. La fuerza muscular “Aspectos metodológicos – rendimiento deportivo”. Edit. IndePublicaciones. Barcelona, 2000. ISBN: 84-95114-54-2. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. “Deporte y entrenamiento”. Edit. Paidotribo. 1ra Ed. Barcelona, 1994. ISBN: 84-8019-125-2.
5. Komi Pv, Strength and Power in sport, BlackwellScience ed. International Olympic Committee, 1992.
6. Acero Martin, Del Olmo Miguel Fernández, Gonzales Oscar. Salto vertical sin contramovimiento desde flexión máxima. *Revista entrenamiento deportivo.* 2008.

7. Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuleti NA, Garcia Lopez J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint. In J SportsMed. 2006 Jul; 27(7):533-9.
8. Pombo Manuel Fernández, Rodríguez Joan Baranda, Brunet Xavier Pamies, Requena Bernardo Sanchez. Electroestimulación entrenamiento y periodización. Ed Paidotribo. 2004, cap 1, pág 21-30.
9. López J.Chicharro, Fernandez A. Vaquero. Fisiología del ejercicio.2006, cap 29,pag 499-501.
10. Díaz D. Estructura molecular, clasificación y adaptación del músculo con el ejercicio. Rev. Antioqueña de Medicina Deportiva Vol. 4 Nro. 2 Diciembre de 2001. pág. 53 – 58.
11. Palap, J.M; Saenz, B y Ureña, A. efecto de un trabajo polimétrico en voleibol “Efecto de un trabajo de aprendizaje del cicloestiramiento – acortamiento sobre la capacidad del salto en voleibol”. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada.  
[www.cdeporte.rediris.es/revista/revista3/art.volei.html](http://www.cdeporte.rediris.es/revista/revista3/art.volei.html)
12. Bower Rc., FOX El. Fisiología del Deporte. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1995. pág. 101 – 135.
13. Tortora G. y col. Sistema muscular.Cap11.En Principios de Anatomía y fisiología 3ª Ed. Harcourt brace, Madrid, España1999. p.p 330.
14. Esper, A. Cantidad y tipos de saltos que realizan las jugadoras de voleibol en un partido. E deportes. Revista Digital, 2003, 8, 58.

15. William E. Prentice. técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. 3ra edición. Barcelona, España. editorial Paidotribo. año 2001.
16. Wilmore Jh, Costill DI, Physiology of sport and exercise, Human Kinetics Publ. 1994.
17. McArdle Wd., Katch Fi., Katch VI. Fisiología del Ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. Alianza Deporte. Madrid. 1986.
18. M. Martínez Morillo, J.M Pastor Vega, F. Sandra Portero. Manual de medicina física. ED HarcourtBrace.
19. Walter Lauro Pérez, Compendio de física. 1era Edición. Lima: Jr. Natalio Sánchez 220, of.304; 2007. 5 ,70 pag.
20. Laufer Y, Elboim M. Effects of burst frequency and duration of kilohertz-frequency alternating currents and low frequency pulsed currents on strength of contraction, muscle fatigue, and perceived discomfort. Physical Therapy, vol 88, 2008.
21. Delitto A, Rose SJ, McKowen JM. Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical Therapy. 1988, 68: 660-663.
22. Ward A. Electrical stimulation using kilohertz frequency alternating current. Physical Therapy, vol 89, 2009.
23. José Rodrigo Martín. electroterapia en fisioterapia. Ed panamericana. 2da edición.
24. Dr. Juan Plaja. Guía práctica de electroterapia. Ed Carin; Pap 1(pag 18-19).

25. García Manson, Juan Manuel. Bases teóricas del entrenamiento deportivo “Principios y Aplicaciones”. Madrid: Gymnos; 1996, 518p. ISBN: 84-8013-053-9. LA FUERZA “Fundamentación, valoración y entrenamiento. Edit.; Gymnos. Madrid, 1999. ISBN: 84-8013-2159.
26. Bosco, C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Colección Deporte y Entrenamiento. Editorial Paidotribo. Barcelona 1994. pág. 25 – 46.
27. Raúl Pablo Garrido Chamorro, Marta González Lorenzo. Test de Bosco. Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. Revista Digital. Buenos Aires. N° 78. Noviembre de 2004.
28. Ward A, Shkuratova N. Russian electrical stimulation: the early experiments. Physical Therapy, vol 82; 2002.
29. Chile DM jump act 11 abril 2017con 05mayo2017 dmjump disponible en: <http://www.dm-jump.com/index.html>
30. Melvin H. Williams Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo, 13-09-2002 capítulo 10 (pag-337).
31. Stevenson, M., Finch, C., et al. (2000). Sport, age and sex specific incidence of sports injuries in Western Australia. Br J Sports Med; 34: 188-194.
32. Organización Mundial de la Salud (OMS) OMdIS. Organización Mundial de la Salud (OMS). [Online]; 2015 [cited 2017 abril. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.

33. Dra. Cristina Olivos O, Dra. Ada Cuevas M, Dra. Verónica Álvarez V, Carlos Jorquera A. Nutrición para el entrenamiento y la competición. [REV. MED. CLIN. CONDES - 2012]. Disponible en: [https://www.clinicalascondes.cl/Dev\\_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2012/3%20mayo/6\\_Dra\\_Cuevas-8.pdf](https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2012/3%20mayo/6_Dra_Cuevas-8.pdf).
34. J.R. Alvero-Cruz a, L. Correas Gómez b, M. Ronconi a, R. Fernández Vázquez a, J. Porta i Manzañido c. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. Revista Andaluza de Medicina del Deporte. Vol. 04. Núm. 04. Diciembre 2011.
35. Almenares P, Evelina. “Estudio de la potencia de los miembros inferiores en voleibolistas elite dominicanos”. Medicina del Deporte. Publicado: 01/30/2007. [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com) 09/08/2007. Hora: 7:20pm.
36. Gaudio RM, Barbieri S, Feltracco P, Spaziani F, Alberti M, Delantone M. Impact of alcohol consumption on winter sports-related injuries. Medicine, science, and the law. 2010. [26- feb- 2017]. Disponible en: [https://www.epistemonikos.org/es/documents/429fa8d8faec9570b18ab6b34da58b40df449a08?doc\\_lang=en](https://www.epistemonikos.org/es/documents/429fa8d8faec9570b18ab6b34da58b40df449a08?doc_lang=en).
37. Grosser, Manfred; Starischka, Stephan y zimmermann, Elke. Principios del entrenamiento deportivo “Deportes y Técnicas”.Edit. Martínez Roca, S.A. Barcelona, 1998. ISBN: 84-270-1209-8.
38. Maffulli N, Longo UG, Gougoulias N, Caine D, Denaro V. Sport injuries: a review of outcomes. Revisión Sistemática. [26- feb- 2017]. Disponible en: [https://www.epistemonikos.org/es/documents/2367ecc0753e307dcaf1dddddd6e5add5ec17fe6?doc\\_lang=en](https://www.epistemonikos.org/es/documents/2367ecc0753e307dcaf1dddddd6e5add5ec17fe6?doc_lang=en).

39. González Gallego, J. "Fisiología de la actividad física y del deporte". Ed. Interamericana-McGraw-Hill. Madrid. 2002.
40. Keeton RB, Binder McLeod SA. Low Frequency Fatigue. Physical Therapy; 86, 2006.

## **11. Anexos.**

### **11.1. Anexo 1**

#### **CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Usted ha sido invitado a participar en el proyecto de investigación titulado: “CAMBIOS EN LA POTENCIA DE LOS MUSCULOS GASTROCNEMIOS A CORTO PLAZO POST ELECTRO-ESTIMULACION DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA EN VOLEYBOLISTAS DE ALTO RENDIMIENTO”, a cargo de los investigadores GERMAN MORENO y MIGUEL ANGEL ALVAREZ, docentes de la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Las Américas. El objetivo de esta carta es ayudarlo(a) a tomar la decisión de participar o no en la presente investigación.

¿Cuál es el propósito de esta investigación?

El propósito del presente estudio es describir cambios en la potencia muscular a corto plazo post electro-estimulación de baja y media frecuencia en los músculos gastrocnemios en voleibolistas de alto rendimiento. Nuestro interés radica en querer tener los mismos resultados con una aplicación única y a corto plazo de electro-estimulación en la potencia muscular de los músculos gastrocnemios. Los resultados de esta investigación permitirán saber si existe una ganancia en la potencia de la fuerza muscular, realizada mediante 1 sesión.

¿En qué consiste mi participación?

Si usted acepta participar en el estudio, se le pedirá acudir a 1 sesión para una investigación que busca evaluar, si la electro-estimulación de baja y media frecuencia genera cambios en la potencia del musculo gastrocnemio a corto plazo, las cuales se registrarán mediante una plataforma de salto Axon Jump.

¿Cuánto durará mi participación?

La duración de su participación en el estudio será 2 horas aprox.

¿Qué riesgos corro al participar?

Los procedimientos utilizados en este estudio son completamente inofensivos para usted. No existe ningún riesgo de daño físico, ni psicológico asociado a las sesiones a realizar, como tampoco con la redacción de la carta.

¿Qué beneficios puede tener mi participación?

Este estudio no contempla beneficios directos para usted, ni será recompensado económicamente. Sin embargo, al participar usted estará contribuyendo a una mejor comprensión en el desarrollo de nuevas estrategias para los deportistas de alto rendimiento.

¿Qué pasa con la información y los datos que yo entregue?

Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad. Solo podrán tener acceso a esta información los investigadores del estudio. Los datos primarios, es decir, mediciones y los datos de identificación personal, se mantendrán almacenados por el investigador principal (y su equipo) en condiciones seguras y de acceso restringido, durante los próximos 5 años, luego de los cuales serán destruidos. Estos datos serán procesados y analizados para el estudio, siendo aislados de los datos personales y de identificación. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados del estudio será completamente anónima.

¿Estoy obligado a participar? ¿Puedo arrepentirme de participar en cualquier momento del estudio?

Usted NO está obligado de ninguna manera a participar en este estudio. Usted puede decidir no participar, sin tener que dar explicaciones y sin que ello signifique ningún perjuicio para usted o para su desarrollo como estudiante o profesional. Si decide participar y luego se arrepiente, usted tiene el derecho de abandonar esta investigación en cualquier momento.

¿A quién puedo contactar para saber más de este estudio o si tengo preguntas?

Si tiene cualquier duda o pregunta, usted puede contactarse con los docentes a cargo de este estudio, Prof. Germán Moreno L, al teléfono celular: +56976298474 o bien al correo electrónico: [kinegerman@gmail.com](mailto:kinegerman@gmail.com). Si tiene preguntas respecto de sus derechos como participante del estudio, puede contactarse con el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de Las Américas a través de la Dirección de Investigación al teléfono (56 2) 2253 1376/1737 o al correo electrónico: [investigación@udla.cl](mailto:investigación@udla.cl).

HE TENIDO LA OPORTUNIDAD DE LEER ESTA CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DE QUE ME EXPLIQUEN SU CONTENIDO, ASÍ COMO DE HACER PREGUNTAS ACERCA DE LA INVESTIGACION TITULADA “CAMBIOS EN LA POTENCIA DE LOS MUSCULOS GASTROCNEMIOS A CORTO PLAZO POST ELECTRO-ESTIMULACION DE MEDIA Y BAJA FRECUENCIA EN VOLEYBOLISTAS DE ALTO RENDIMIENTO”

HE COMPRENDIDO LA INFORMACIÓN QUE ME HAN ENTREGADO Y A TRAVÉS DE LA FIRMA DE ESTE DOCUMENTO DECLARO QUE ACEPTO PARTICIPAR VOLUNTARIAMENTE EN DICHA INVESTIGACIÓN.

Nombre del participante

Firma del Participante

Fecha

Nombre del Investigador

Firma del Investigador

Fecha

(Firmas en duplicado: una copia para el participante y otra para el investigador)

