



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
UNIDAD LEÓN**

**TEMA:**

**LA RELACIÓN ENTRE CREATINA Y UN PROGRAMA  
DE HIPERTROFIA MUSCULAR APLICADO EN UN  
EQUIPO UNIVERSITARIO DE BASQUETBOL  
FEMENIL DESDE LA PERSPECTIVA EN  
FISIOTERAPIA DEPORTIVA**

**FORMA DE TITULACIÓN: TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN FISIOTERAPIA.**

**P R E S E N T A:**

**JOSÉ AARÓN DÁVALOS RAMÍREZ**

**TUTOR:**

**DR. MAURICIO ALBERTO RAVELO IZQUIERDO**

**ASESOR:**

**LIC. RAÚL ERNESTO CORTÉS GONZÁLEZ**

**LEÓN, GUANAJUATO 2019.**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León por permitir mi formación profesional y personal durante mi estancia en esta institución, así como a la clínica de Fisioterapia por ser una valiosa herramienta práctica en esta profesión.

Al Dr. José Narro Robles por creer e impulsar el proyecto de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León y de esta forma brindar la oportunidad a los jóvenes de estudiar una carrera universitaria.

Al rector Enrique Luis Graue Wiechers por darle continuidad al proyecto de las ENES y por el apoyo a la comunidad universitaria.

A la directora de este plantel, la Dra. Laura Susana Acosta Torres por ser el pilar de esta unidad y siempre ver por el futuro de los alumnos, maestros y personal formativo.

A mis profesores de clínica, por apoyarme en mi etapa formativa y brindarme las herramientas necesarias para ejercer esta profesión de la manera más adecuada, así como a todas las personas y alumnos que formaron parte de este proyecto, ya que sin ellos esto no hubiera sido posible.

## **DEDICATORIAS.**

### ***A mi mamá Ma. Dolores Ramírez Torres***

Por el apoyo incondicional que me ha dado durante toda la vida, ella es para mí el ejemplo más grande de que cuando se ama a los hijos nada es impedimento para sacarlos adelante, ya que cada día ha dado su máximo esfuerzo pensando en nuestro bienestar y futuro.

### ***A mis abuelitos Manuel y Reynalda***

Por tanto amor y ser mis segundos padres, además de siempre velar por el bienestar de nuestra familia.

### ***A mi hermana Carolina***

Por transmitir tanta alegría, bienestar y amor en casa, y apoyar a mí mamá en el negocio familiar.

### ***A mi novia Jessica Aguilera***

Por darme su amor tan puro y sincero, del que ya no se encuentra con facilidad. Por compartir conmigo momentos buenos y no tan buenos pero siempre juntos. Por incitar cada meta personal y aplaudir mis logros personales con el corazón, y especialmente por ser una excelente compañera de vida.

### ***A mis compañeros de carrera y amigos***

A Enrique, Abel, León y Francisco porque con su compañía las horas en la escuela eran mucho más divertidas y amenas. A mis amigos de preparatoria Gema, Jesús, Diego, Pamela por seguir conservando esa vieja pero excelente amistad, en especial a Edna Pamela a quien considero mi mejor amiga y una persona excepcional, siempre ha estado ahí conmigo en cualquier circunstancia apoyándome e incitándome para siempre dar lo mejor de mí y cumplir mis objetivos.

### ***A mis profesores***

En especial a mi tutor, el Dr. Mauricio Alberto Ravelo Izquierdo por haberme brindado su tiempo para llevar a cabo esta investigación y transmitirme sus conocimientos a lo largo de mi formación académica, a mí asesor el LFT. Raúl Ernesto Cortés González por los consejos dados para la realización de este proyecto.

### ***A las integrantes de la selección femenil de basquetbol de la Enes UNAM, Unidad León***

Por su tiempo, compromiso y disciplina, ya que ellas fueron parte fundamental para realización de este proyecto y sin su colaboración esto no hubiera podido ser posible.

Índice	
Resumen.....	VII
Introducción.....	VIII
Capítulo 1: Objetivos.....	1
1.1.Planteamiento del problema.....	1
1.2.Justificación.....	2
1.3.Objetivos del estudio.....	3
Capítulo 2: Antecedentes.....	4
Marco teórico.....	4
2.1. Anatomía del músculo esquelético.....	4
2.1.1. Estructura de las miofibrillas.....	7
2.2. Fisiología de la contracción muscular.....	8
2.2.1. Teoría del deslizamiento de los filamentos.....	8
2.2.2. Secuencia de la contracción muscular.....	10
2.3. Tipos de fibras musculares.....	10
2.3.1. Fibras de contracción lenta.....	11
2.3.2. Fibras de contracción rápida.....	11
2.3.3. Fibras de contracción mixta.....	11
2.4. Metabolismo muscular durante la estimulación de la fuerza.....	12
2.4.1. Transferencia de energía mediante el anenosintrifosfato (ATP)..	13
2.4.2. Mecanismos de resíntesis de ATP.....	13
2.4.3. Vías metabólicas.....	14
2.4.3.1. Vía anaeróbica alactática.....	14
2.4.3.2. Vía anaeróbica lactática.....	16
2.5. Estimulación de la fuerza.....	16
2.5.1. Principios de la estimulación de la fuerza.....	17
2.6. Adaptaciones musculares durante el ejercicio.....	18
2.7. Periodización de la fuerza.....	19
2.7.1. Volumen de entrenamiento.....	19
2.7.1.1. Intensidad o carga del entrenamiento.....	20
2.7.1.2. Número de ejercicios.....	21
2.7.1.3. Número de repeticiones y velocidad de ejecución.....	21
2.7.1.4. Número de series.....	21
2.7.1.5. Intervalos de descanso.....	22
2.8. Método de la hipertrofia.....	24
2.9. Nutrición y ganancia de peso.....	24
2.10. Ayudas ergogénicas.....	25

2.10.1. Creatina.....	26
2.11. Estado actual del conocimiento.....	27
2.11.1. La ingesta de creatina como suplemento.....	27
2.11.2. Relación entre creatina y rendimiento físico.....	28
2.11.3. Dosis ideal de monohidrato de creatina.....	29
2.11.4. Modo de suministrar el monohidrato de creatina.....	29
2.11.5. Falta de sensibilidad a la ingesta de monohidrato de creatina.....	30
Capítulo 3: Metodología.....	32
3.1. Enfoque de la investigación.....	32
3.2. Alcance de la investigación.....	32
3.3. Diseño del estudio.....	32
3.4. Variables a estudiar.....	33
3.5. Muestra poblacional.....	33
3.5.1. Criterios de inclusión.....	34
3.5.2. Criterios de exclusión.....	34
3.5.3. Criterios de eliminación.....	34
3.6. Herramientas de evaluación.....	35
3.7. Descripción general del estudio.....	41
3.8. Protocolo de intervención.....	42
3.8.1. Proceso de medición de circunferencia de muslo.....	42
3.8.2. Valoración de 1RM de cuádriceps e isquiotibiales.....	43
3.8.3. Indicaciones a las participantes sobre la ingesta de suplementación.....	44
3.8.4. Procedimiento general del entrenamiento.....	45
Capítulo 4: Resultados.....	47
4.1. Circunferencia de muslo.....	47
4.2. Repetición máxima de cuádriceps en sentadilla.....	48
4.3. Repetición máxima de isquiotibiales en peso muerto.....	49
4.4. Volumen referente a la carga de cuádriceps.....	50
4.5. Volumen referente a la carga de isquiotibiales.....	51
Capítulo 5: Discusión.....	52
5.1. Fuerza.....	52
5.2. Hipertrofia.....	53

Capítulo 6: Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos.....	58

### **Índice de abreviaturas**

Para mayor claridad y entendimiento, se ha incluido una lista con las abreviaturas que aparecen con frecuencia en este estudio:

ATP: adenosín trifosfato

Na<sup>+</sup>: sodio

Ca<sup>++</sup>: calcio

ADP: adenosín difosfato

Pi: fosfato inorgánico

PC: fosfocreatina

1RM: repetición máxima

ID: intervalo de descanso



## Resumen

**INTRODUCCIÓN:** Durante muchos años el ejercicio terapéutico se ha utilizado como una herramienta para reestablecer la salud de los pacientes que cursan con alteraciones estructurales del sistema locomotor y/o limitaciones funcionales causadas por procesos patológicos diagnosticados. En muchas ocasiones estas repercuten de manera directa o indirecta en la producción de la fuerza, por lo que existen herramientas terapéuticas como el uso de pesas para recuperarla. También existe una propuesta la cual consiste en un programa de estimulación de la fuerza aunado al uso de creatina monohidratada para evitar, disminuir o revertir la atrofia muscular pero existe poca información sobre ello.

**OBJETIVO:** Determinar si la ingesta de la creatina monohidratada en conjunto con la aplicación de un programa de estimulación de la fuerza aumenta la hipertrofia muscular de las jugadoras de la selección de basquetbol femenino de la ENES UNAM Unidad León.

**METODOLOGÍA:** Diez participantes realizaron el protocolo de estimulación de la fuerza, cinco de ellos formaron parte del grupo control por lo cual no ingirieron creatina, por el contrario, los otros cinco participantes que formaron parte del grupo experimental si hicieron uso de la misma. A través de una valoración de 1RM se valoró la fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales, y con mediciones antropométricas el volumen la circunferencia de muslos, todo esto antes y después de la aplicación de protocolo.

**RESULTADOS:** En el grupo control se obtuvo un incremento promedio del perímetro del muslo izquierdo de 2.34% y un incremento de 2.05% en el muslo derecho; en el grupo experimental se obtuvo un incremento promedio del muslo izquierdo de: 3.6% y un incremento de 2.94% en el muslo derecho. Para la repetición máxima de cuádriceps hubo un aumento promedio de 42.97 libras en el grupo control y 60.5 libras para el grupo experimental. Para la repetición máxima de isquiotibiales hubo un aumento promedio de 42.57 libras en el grupo control y 23.59 libras para el grupo experimental; Todo esto respecto a la valoración inicial y final.

**CONCLUSIONES:** Al finalizar el presente estudio se observó un mayor aumento de la circunferencia de muslos y de la repetición máxima de cuádriceps en las participantes que conformaron el grupo experimental en comparación con el grupo control, por el contrario las participantes del grupo control obtuvieron mejores resultados en la repetición máxima para isquiotibiales.

Debido a que el número de la muestra fue pequeña, con tan solo ocho participantes y que la diferencia de los resultados entre el grupo control y el experimental no fueron significativos, la presente investigación resulta como una propuesta para la realización de posteriores estudios para comprobar la eficacia de los beneficios de la suplementación con creatina aunado a un programa de estimulación de la fuerza.

**PALABRAS CLAVE:** Fisioterapia, Creatina, estimulación de la fuerza, hipertrofia.

## **Introducción**

A lo largo de la historia el ejercicio terapéutico se ha utilizado para reestablecer la salud de los pacientes que cursan con alteraciones estructurales del sistema locomotor y/o limitaciones funcionales causadas por procesos patológicos diagnosticados. Además es utilizado para optimizar y mantener el estado físico en personas sanas; mejorando la movilidad, la fuerza, el control neuromuscular, la capacidad cardiovascular, la coordinación y los patrones de movimiento.<sup>1</sup>

En muchas ocasiones las alteraciones estructurales y/o limitaciones funcionales con las que cuentan los pacientes que acuden a fisioterapia repercuten de manera directa o indirecta en la producción de la fuerza, generando por consiguiente atrofia muscular, por lo que es de suma importancia implementar un programa de rehabilitación óptimo para la recuperación de la fuerza.<sup>1</sup>

En la actualidad, uno de los métodos mayormente empleados por los fisioterapeutas es la utilización del gimnasio de pesas, lo cual comenzó a ser aplicado con mayor

frecuencia posterior a la segunda guerra mundial como consecuencia al gran número de veteranos que presentaban alguna discapacidad física.<sup>2</sup>

Por otra parte, algunos investigadores han propuesto el uso de creatina monohidratada aunado a la actividad física para evitar, disminuir o revertir la atrofia muscular, gracias a su capacidad para aumentar la masa muscular y fuerza en deportistas; sin embargo los estudios relacionados con esta alternativa terapéutica aún son escasos en la literatura mundial.<sup>3</sup>

La revista *medicine and science in sports and exercise* refiere que la creatina es un compuesto el cual se obtiene a través de la ingesta de carnes rojas y pescado, además que esta también puede producirse dentro del organismo en estructuras como el páncreas, hígado y riñones. Por otra parte, la revista *sports medicine and physical fitness* menciona que a principios del siglo diecinueve se comenzó la investigación del uso de la creatina como suplemento oral. Pero no fue hasta la década de 1970 cuando los estados soviéticos comenzaron a utilizar la creatina como un potenciador del rendimiento físico. Finalmente, el verdadero avance del estudio de la suplementación con creatina ocurrió hasta 1990, en Estados Unidos de América y Gran Bretaña.

Como se mencionó con anterioridad, existen escasos estudios publicados con respecto a la utilización de creatina en forma oral aunado a un programa de estimulación de la fuerza en personas que cursan con algún proceso patológico o sus secuelas, lo cual permite posibilitar la realización de una investigación clínica y científica que permita aportar nueva información.

# Capítulo 1 – Objetivos

## 1.1. Planteamiento del problema

Como bien se sabe, la mayoría de las veces, las personas que acuden al servicio de fisioterapia ortopédica y deportiva cursan con alteraciones biomecánicas o lesiones que generan limitaciones funcionales. Algunas veces, estas alteraciones generan la pérdida de movilidad de los segmentos corporales involucrados, lo cual crea una disminución de la fuerza y la limitación en el desarrollo de esta, y por consiguiente atrofia muscular debido a una ausencia de estímulos.

De acuerdo con Marante, un grupo poblacional muy vulnerable a sufrir lesiones son los jugadores de basquetbol, por lo que realizó un estudio en el cual se evaluó a 109 sujetos que practicaban baloncesto de forma amateur; con el objetivo de valorar la incidencia de los diferentes tipos de lesiones en la práctica deportiva. Al finalizar dicho estudio se llegó a la conclusión que la mayoría de las lesiones que se reportaron fueron de miembros inferiores, involucrando principalmente las articulaciones de rodilla y tobillo, propiciando así la disminución de la fuerza en este sector poblacional por la inactividad física consecuente a la lesión, por lo que la ganancia de fuerza e hipertrofia muscular en periodos cortos es uno de los objetivos que busca el terapeuta para así reintegrar al paciente lo antes posible a sus actividades de la vida diaria y/o deportivas.

En algunas ocasiones, a pesar de llevar a cabo metodologías de periodización de la fuerza que se han empleado en la práctica terapéutica a lo largo de los años no se logra este objetivo, por lo que el incumplimiento de este representa uno de los inconvenientes a los que se enfrenta la fisioterapia en ortopedia y deporte. Además, dichas metodologías se deben llevar a cabo durante periodos muy prolongados para así obtener los resultados deseados, esto genera que en muchas ocasiones los pacientes dejen de acudir a terapia por diferentes motivos y como consecuencia no se logre la recuperación de la fuerza mermando sus actividades cotidianas.

Cabe mencionar que ante esta necesidad de la pronta recuperación de la fuerza se han utilizado distintas herramientas terapéuticas sumadas al ejercicio físico, entre ellas, la suplementación con creatina monohidratada, de la cual se han realizado un sin fin de estudios para comprobar sus efectos, encontrando en la mayoría de ellos una mejora en las adaptaciones producidas por los programas de estimulación de la fuerza, generando así la posibilidad de mejorar el rendimiento deportivo y por consiguiente el estado físico.

Como consecuencia de lo antes mencionado, se deriva que la pregunta de esta investigación es:

**¿La ingesta de creatina aunado a la aplicación de un programa de entrenamiento es efectivo para la obtención de fuerza e hipertrofia muscular a corto plazo en las jugadoras de la selección de basquetbol de la ENES UNAM León?**

## **1.2. Justificación**

Se sabe que para generar cambios morfo-funcionales o de hipertrofia en la miofibrilla, se requieren periodos de entre 8 y 12 semanas con la realización de un entrenamiento clásico de la fuerza<sup>8</sup>, lo que genera un aplazamiento importante de tiempo para retomar las actividades de los pacientes.

Por otra parte, se ha demostrado que el uso de la creatina monohidratada aunado a un entrenamiento clásico de la fuerza produce adaptaciones musculares en un individuo con mayor rapidez, en comparación con lo que se obtiene en un entrenamiento clásico por sí solo.<sup>26</sup>

Además, en el 2003 Burke obtuvo resultados experimentales favorables en lapsos cortos (30 días) con entrenamientos de estimulación de la fuerza y el uso de la creatina.<sup>33</sup>

El presente estudio busca confirmar la efectividad de la ingesta de la creatina aunado a la aplicación de un entrenamiento de estimulación de la fuerza, el cual ha sido propuesto por el investigador, todo esto llevado a cabo por sujetos sanos, con el objetivo de su futura aplicación en pacientes de fisioterapia si este resultara ser efectivo.

### **1.3. Objetivos del estudio**

**Objetivo general:** Evaluar la relación entre la ingesta de la creatina monohidratada y un programa de estimulación de la fuerza en las jugadoras de la selección de basquetbol femenino de la ENES UNAM Unidad León.

**Objetivos específicos:**

- Producir mayor fuerza e hipertrofia muscular en los miembros inferiores de los participantes.
- Tener en cuenta el uso de la creatina como ayuda ergogénica en protocolos de fisioterapia aplicados a pacientes físicamente activos.
- Generar la posibilidad de futuras investigaciones con este protocolo.

## **Capítulo 2 – Antecedentes**

### **Marco teórico.**

A continuación, se presenta una recopilación de los temas e información, la cual es necesaria para comprender el eje central de esta investigación.

- Anatomía del músculo esquelético.
- Fisiología de la contracción muscular.
- Tipos de fibras musculares.
- Metabolismo muscular durante la estimulación de la fuerza.
- Entrenamiento de la fuerza.
- Periodización de la fuerza.
- Volumen de entrenamiento.
- Ayudas ergogénicas.

Para la planificación de un programa de estimulación de la fuerza es necesario, en primera instancia, entender el mecanismo de acción de los músculos, para ello, es fundamental la comprensión de la anatomía básica del cuerpo y el conocimiento del funcionamiento del organismo, ya que la arquitectura general del músculo esquelético como un todo y la composición específica determinan el modo en que este funciona.<sup>5</sup>

### **2.1. Anatomía del músculo esquelético**

El tejido muscular se localiza alrededor del esqueleto o bajo la piel, siendo una de sus funciones principales la de producir movimiento, además de contribuir junto con el sistema óseo a dar forma al cuerpo humano.<sup>6</sup>

Los músculos están conformados por una región central contráctil llamada vientre muscular, además de otro elemento fundamental llamado tejido conectivo, el cual se dispone prácticamente en la totalidad de éste; el vientre muscular se une por sus

extremos a estructuras óseas o, en ocasiones, a estructuras blandas como la piel, dichas zonas de unión reciben el nombre de inserciones musculares.<sup>6</sup>

El elemento fundamental por el cual está conformado el músculo son las células musculares, las cuales también reciben el nombre de fibras musculares debido a su forma alargada.<sup>8</sup> En su interior contienen una precisa organización de proteínas contráctiles llamadas miofibrillas, las cuales le permiten disminuir su longitud cuando son estimuladas por el sistema nervioso.<sup>6</sup>

El tejido conectivo desempeña un papel imprescindible en el músculo, ya que mantiene agrupadas las fibras musculares del vientre muscular y transmite la fuerza generada por éstas al contraerse; este elemento biológico es especialmente abundante en los extremos del vientre muscular, donde forma los elementos de inserción del músculo, además, también se dispone asociado a las fibras musculares en el espesor del vientre muscular.<sup>6</sup>

Este se encuentra en el vientre muscular organizado en varios niveles los cuales se mencionan a continuación:

- En primera instancia cada miocito o fibra muscular cuenta con una fina envoltura llamada endomisio, la cual la aísla de las fibras musculares a su alrededor.<sup>6</sup>
- Por otra parte existen otras láminas más gruesas de tejido conectivo denominadas epimisio, las cuales envuelven a grupos de fibras musculares con su endomisio formando grupos de fibras agrupadas denominadas fascículos.<sup>6</sup>
- Por último, en la periferia de todos los miocitos que conforman un músculo se encuentra una envoltura conectiva denominada perimisio, la cual recubre la totalidad del vientre muscular.<sup>6</sup>

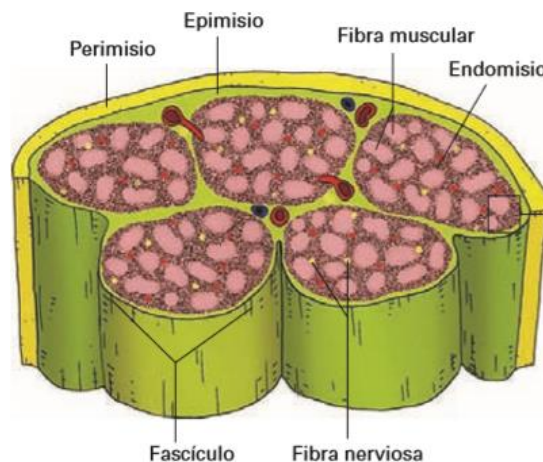


Otro elemento fundamental es el retículo sarcoplásmico, el cual se dispone alrededor de las miofibrillas, su principal función es captar y concentrar iones de calcio, contiene abundantes gránulos de glucógeno, inclusiones de mioglobina, lípidos y fosfo-creatina<sup>6</sup>, además de mitocondrias, las cuales son responsables de generar la principal molécula de energía llamada ATP (adenosín-trifosfato).<sup>6</sup>

La membrana celular de los miocitos es llamada sarcolema, mientras que al citoplasma se le denomina sarcoplasma, la gran mayoría de este espacio se encuentra ocupado por las miofibrillas.<sup>6</sup>

Existen otras estructuras llamadas túbulos T, las cuales son invaginaciones del sarcolema, estas penetran hacia el interior de la miofibrilla de forma perpendicular a la dirección de las fibras musculares; En su interior se encuentra líquido extracelular, el cual permite que el potencial de acción que se origina en la superficie de la célula, en la placa motora, se propague hasta alcanzar el interior de la fibra.<sup>6</sup>

En la figura 1. Con nombre: “Estructura de la fibra muscular”, se observa la disposición de las miofibrillas y de las diferentes estructuras circundantes.



**Figura 1.** Estructura de la fibra muscular.<sup>6</sup>

### 2.1.1. Estructura de las miofibrillas

La unidad estructural de la miofibrilla es el sarcómero, el cual consta de un conjunto de filamentos finos y gruesos situados entre dos extremos denominados líneas Z.<sup>7</sup>

Cada miofibrilla está compuesta por proteínas de diversos tipos, los cuales se mencionan enseguida:

- La actina y la miosina son proteínas contráctiles
- La troponina y tropomiosina desempeñan un papel modulador.
- La titina y nebulina, o proteínas gigantes accesorias se encargan de darle elasticidad al músculo.<sup>8</sup>

De acuerdo con Barbany, al observar a microscopio el músculo estriado después de su tinción, se aprecian zonas de distintas tonalidades<sup>7</sup>, las cuales se mencionan a continuación:

- **Discos Z:** Son estructuras en zigzag compuestas por proteínas de anclaje para los filamentos finos y cada extremo del sarcómero es un disco Z.<sup>8</sup>
- **Bandas I:** se caracterizan por ser zonas anchas y de tonalidad clara, esta representa la región donde se encuentran los filamentos finos. En el centro de cada banda I se destaca una línea más oscura denominada línea Z.<sup>7</sup>
- **Bandas A:** son zonas oscuras y anchas, las cuales se caracterizan por contener filamentos gruesos. En el centro de cada banda A existe otra zona que se diferencia por tener una apariencia más clara, la zona H.<sup>7</sup>
- **Línea M:** Se encuentra en la porción central de la zona H.<sup>7</sup>

En la figura 2. Con nombre: “Elementos del sarcómero”, se observa el posicionamiento de cada una de sus estructuras.

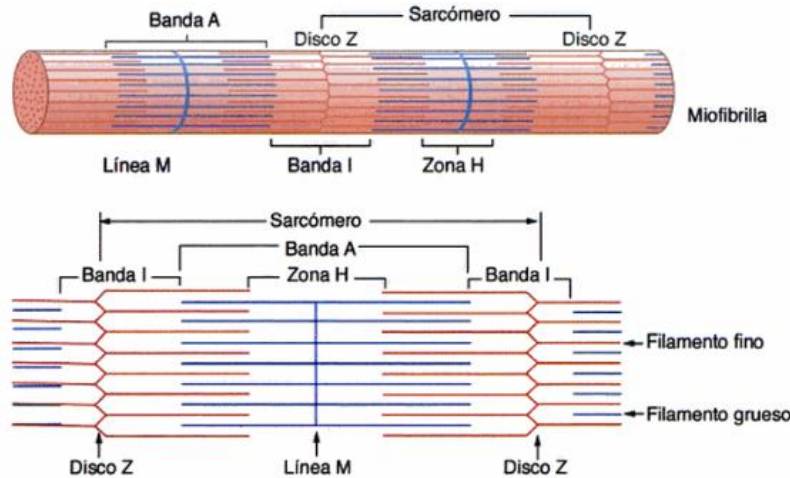


Figura 2. Elementos del sarcómero.<sup>8</sup>

## 2.2. Fisiología de la contracción muscular

Fernández Vaquero menciona que la contracción del músculo esquelético es un proceso por el cual nos permite generar fuerza para mover o resistir una carga, y la define como la activación de las fibras musculares con tendencia a que estas se acorten.<sup>8</sup>

### 2.2.1. Teoría del deslizamiento de los filamentos

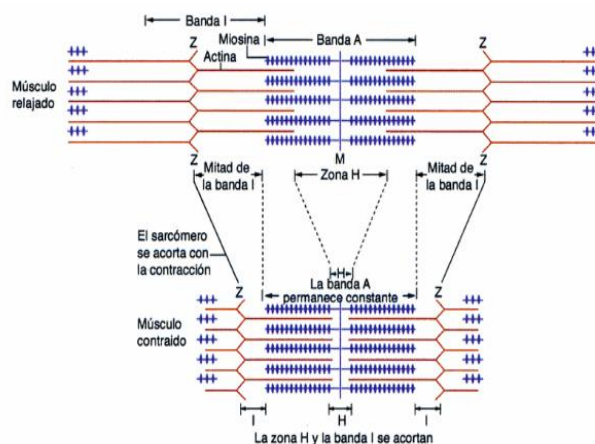
En la actualidad, la teoría del deslizamiento de los filamentos es la que tiene mayor aceptación, ésta se basa en lo descrito por Huxley y Niedeigerke en donde mencionan que durante la contracción muscular los filamentos finos y gruesos se deslizan unos sobre otros aproximando las líneas Z hacia el centro del sarcómero, lo que en consecuencia genera el acortamiento del mismo, más detalladamente la contracción muscular se lleva a cabo cuando la banda I, compuesta por filamentos de actina y la zona H conformada por miosina, se acortan, en cambio la banda A permanece constante.<sup>8</sup>

En primera instancia, y para que se genere dicho deslizamiento, existe una fuerza que empuja al filamento fino la cual genera el movimiento de los puentes de unión con respecto a los filamentos gruesos.<sup>8</sup>

La miosina es una proteína motora que convierte la energía química contenida en un enlace de ATP en energía mecánica, esta energía liberada por la hidrólisis de ATP cambia el ángulo de la cabeza de la miosina, lo cual genera una rotación de la misma y en consecuencia un golpe de movimiento, que es la base de la contracción muscular.<sup>8</sup>

Durante el golpe de movimiento la rotación de las cabezas de miosina empuja a los filamentos de actina hacia el centro del sarcómero. Al final de un golpe de movimiento, la miosina suelta a la actina, retrocede y se une a una nueva molécula de actina, preparada para comenzar un nuevo ciclo contráctil. Este proceso se repite múltiples veces mientras la fibra muscular se contrae.<sup>8</sup>

En la figura 3. Con nombre: “Posicionamiento del sarcómero”, se observa el sarcómero en situación de reposo y contracción muscular, según la teoría mencionada con anterioridad.



**Figura 3.** Posicionamiento del sarcómero.<sup>8</sup>

### **2.2.2. Secuencia de la contracción muscular**

Para la generación fisiológica de la tensión muscular se requiere la participación del sistema nervioso central y de la fibra muscular, ya que solo así es posible el mecanismo de excitación-contracción.<sup>8</sup>

A continuación se enlista la secuencia de los eventos que se generan y dan lugar a la contracción muscular:

- Generación de un potencial de acción desde la médula espinal hasta la placa motora.
- A nivel de la placa motora se libera un neurotransmisor llamado acetilcolina en el espacio situado entre la placa motora y el sarcolema.
- El sarcolema de la fibra muscular posee receptores de acetilcolina, los cuales al activarse provocan la apertura del canal iónico.
- Este canal iónico permite la entrada de iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) al interior de la fibra muscular, generando un potencial de acción.
- El potencial de acción se propaga dentro de todo el sarcolema llegando al retículo sarcoplásmico provocando la liberación de iones de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) que se dirigen hacia el citosol.
- Los iones de  $\text{Ca}^{++}$  se unen a la Troponina C, la cual se modifica para permitir la interacción de la actina y miosina.

La actina y miosina en presencia de ATP provocan el acortamiento del sarcómero generando la contracción muscular.<sup>8</sup>

### **2.3. Tipos de fibras musculares**

El músculo esquelético está formado por distintos tipos de fibras musculares como lo son las fibras de tipo rápido, fibras de tipo lento y fibras mixtas. Esta clasificación se basa en las características bioquímicas y la fuerza producida por los diferentes tipos de células musculares.<sup>9</sup>

### **2.3.1. Fibras de contracción lenta**

También son llamadas fibras lentas oxidativas o fibras de tipo I, ya que contienen mioglobina, la cual es una proteína muscular sobre la que se fija el oxígeno.<sup>9</sup>

La concentración elevada de mioglobina favorece a un mayor aporte de oxígeno, y a su vez una mejor utilización de este, lo cual le confiere una gran capacidad para metabolizar el ATP, gracias a esto las fibras lentas son resistentes a la fatiga.<sup>9</sup>

### **2.3.2. Fibras de contracción rápida**

También llamadas fibras rápidas glucolíticas o fibras tipo II. A diferencia de las fibras de contracción lenta, estas no cuentan con un metabolismo aeróbico alto, y por ello son menos resistentes a la fatiga. Sin embargo las fibras rápidas son ricas en glucógeno, lo que les otorga una gran capacidad anaeróbica láctica. Además de contener más miofibrillas con enzimas ATPasa, lo que en consecuencia genera una contracción muscular con mayor fuerza que las fibras tipo I.<sup>9</sup>

### **2.3.3. Fibras de contracción mixta**

Estas fibras tienen características bioquímicas y de resistencia a la fatiga de las fibras tipo I y II.<sup>9</sup>

En la Tabla 1. Con nombre: “Tipos de fibras musculares”, se enlistan las características específicas de cada fibra muscular.

Características	Fibras		
	Fibras de contracción lenta	de contracción intermedia	Fibras de contracción rápida
Grosor de la línea Z	Gruesa	Intermedia	Estrecha
Contenido de glucógeno	Moderado	De moderado a elevado	De moderado a elevado
Resistencia a la fatiga	Elevada	Intermedia	Poca
Contenido de mioglobina	Elevado	Elevado	Escaso
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Sistema energético predominante	Aeróbico	Combinado	Anaeróbico

Tabla 1. Tipos de fibras musculares.<sup>9</sup>

## 2.4. Metabolismo muscular durante la estimulación de la fuerza

Es de gran importancia conocer los procesos metabólicos, ya que brindará al lector la información necesaria para comprender los procesos de generación de energía con las diferentes variantes de estimulación de la fuerza.

En el año 2002 Billat define metabolismo como el conjunto de intercambios físicos y químicos que permiten transferencias de energía, además de permitir el crecimiento, mantenimiento y las transformaciones en el organismo.

El metabolismo consta de dos procesos fundamentales:

- Anabolismo: proceso de construcción.
- Catabolismo: proceso de degradación.

Estos procesos se llevan a cabo gracias al metabolismo celular, y con el aporte fundamental del ATP.<sup>9</sup>

### **2.4.1. Transferencia de energía mediante el adenosintrifosfato (ATP).**

El sistema músculo esquelético, en concreto los músculos, no pueden extraer directamente la energía proveniente de los alimentos para realizar la contracción muscular, por lo cual existe un intermediario para convertir dicha energía y poder realizar esta acción, el ATP está compuesto por tres elementos: adenina, ribosa y fosfatos enlazados, y se forma a partir de la combinación del adenosindifosfato (ADP) y un fosfato inorgánico (Pi), este último se obtiene a través de la alimentación. Por lo que el ATP sirve sobre todo, como intermediario, o moneda energética entre los nutrientes y el músculo.<sup>9</sup>

A pesar de su importancia bioquímica, el contenido de ATP en la fibra muscular es muy bajo, lo cual solo permite un suministro energético al músculo durante periodos muy cortos, sin embargo los depósitos de ATP raramente disminuyen gracias a la formación de otros compuestos fosforados los cuales permiten la resíntesis de ATP.<sup>7 9</sup>

### **2.4.2. Mecanismos de resíntesis de ATP**

- a) Vías rápidas: En este mecanismo interviene la fosfocreatina (PC), y no requiere de reacciones oxidativas ya que solo implica un proceso de transfosforilación; Este mecanismo también es conocido como vía anaeróbica alactática.



b) Vías lentas: Estos mecanismos requieren de reacciones oxidativas que utilizan sustratos como los ácidos grasos y glucosa. Siendo este último el único que puede oxidarse en ausencia de oxígeno, y también puede ser llamado vía anaeróbica lactática (metabolismo oxidativo anaeróbico).

Estos sistemas de energía están siempre activos, sin embargo, el grado de utilización de cada uno depende de la intensidad de la actividad física y su duración.<sup>10</sup>

### **2.4.3. Vías metabólicas**

A continuación se describirán las vías metabólicas, las cuales servirán para un mejor entendimiento del presente estudio. Siendo estas las dos siguientes:

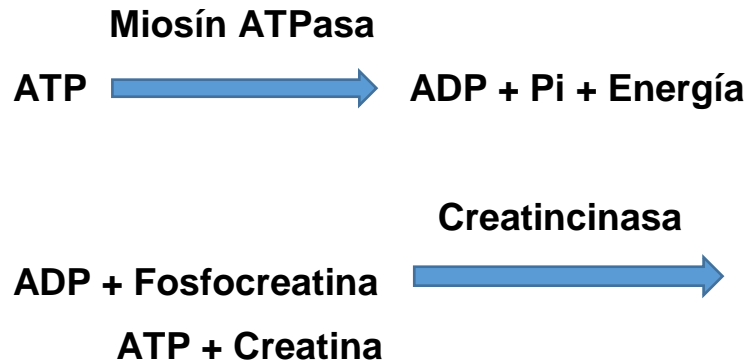
- Vía anaeróbica alactática.
- Vía anaeróbica lactática.

Cabe mencionar, que la glucólisis rápida, la cual será descrita enseguida, se suma a la vía anaeróbica alactática para mantener la actividad física de alta intensidad<sup>7</sup>, por lo que el abordaje de éstas es fundamental para la comprensión del presente estudio.

#### **2.4.3.1. Vía anaeróbica alactática.**

Baechle menciona que “el sistema de fosfógenos o vía anaeróbica alactática proporciona ATP fundamentalmente para actividades de corta duración y alta intensidad”. Este sistema de energía se basa en las reacciones químicas de ATP y la PC, gracias a la acción de las enzimas miosín ATPasa y creatinasa. La miosín ATPasa cataliza la hidrólisis o descomposición de ATP a ADP y Pi, con liberación de energía. Por otra parte la creatinasa cataliza la síntesis de ATP a partir de la PC y ADP; La PC aporta el grupo fosfato, que se combina con ADP para formar ATP.<sup>10</sup>

En la figura 4. Con nombre: “Mecanismos de acción de las enzimas miosín ATPasa y Creatincinasa”, se observa la reacción que provocan estas en el ATP y la PC.



*Figura 4. Mecanismos de acción de las enzimas miosín ATPasa y Creatincinasa.<sup>10</sup>*

Estas reacciones químicas generan energía a una velocidad muy alta, sin embargo, el ATP y la PC se almacenan en pequeñas cantidades en el músculo; aproximadamente 5 microgramos de ATP y 16 microgramos de PC por kilogramo de masa muscular, por lo tanto, el sistema de fosfógenos no puede aportar la energía necesaria para actividades continuas y de larga duración.<sup>10</sup> De acuerdo a Barbany, el tiempo estimado de utilización del sistema de fosfógenos es de 8 a 15 segundos después del inicio de la contracción muscular.<sup>7</sup>

La concentración de fosfocreatina puede descender de 50% a 70% en los primeros 5-30 segundos del ejercicio de alta intensidad. Por lo que es necesaria la recarga de la creatina para la re obtención de PC, la cual se obtiene a expensas de que el ATP en la fibra muscular vuelva a alcanzar niveles suficientes. Los niveles de PC se recuperan por completo durante un reposo no superior a uno o dos minutos en entrenamientos de alta intensidad.<sup>7</sup>

Cabe mencionar que la fatiga muscular durante el ejercicio está relacionada con el descenso en la concentración de fosfógenos.<sup>7</sup>

### **2.4.3.2. Vía anaeróbica lactática.**

Para abordar la vía anaeróbica lactática es necesario, en primera instancia, comprender la glucólisis; ya que dicha vía es consecuente de la degradación de los hidratos de carbono, la cual se lleva a cabo en la glucólisis.<sup>7</sup>

- **Glucólisis**

La glucólisis consiste en el catabolismo de los hidratos de carbono, tales como el glucógeno almacenado en la fibra muscular y moléculas de menor tamaño como: glucosa, sacarosa, lactosa, maltosa y fructosa procedentes de la sangre.<sup>7</sup> Esta puede seguir dos vías distintas, denominadas:

- Glucólisis lenta. (vía aeróbica)
- Glucólisis rápida (vía anaeróbica lactática).

- **Glucólisis lenta**

Se le denomina glucólisis lenta al mecanismo de descomposición u oxidación de los carbohidratos mediante la intervención del oxígeno en la fibra muscular.<sup>7</sup>

- **Glucólisis rápida**

La glucólisis rápida ocurre durante periodos de poca disponibilidad de oxígeno en la célula muscular.<sup>3</sup> En este sistema, el glucógeno muscular se transforma en ácido láctico con la consecuente liberación de energía utilizable para la resíntesis de ATP. Este sistema se lleva a cabo entre los primeros 15-30 segundos después de iniciar la actividad física.<sup>11</sup>

## **2.5. Estimulación de la fuerza**

El siguiente apartado ha sido abordado ya que es un elemento clave para la realización de este protocolo, en él se exponen las variables y consecuentes resultados, que se obtienen al manipular o modificar dichas variables. Así como principios a tomar en cuenta para obtener los resultados deseados.<sup>12</sup>

De acuerdo con Jürgen “se considera el entrenamiento como un proceso por el cual se origina un cambio: físico, motor, cognitivo y afectivo”; Dichos cambios se obtienen con la ayuda de ejercicios físicos.<sup>12</sup>

El entrenamiento deportivo, así como el realizado con fines terapéuticos y de salud tienen como objetivo la mejora planificada y selectiva de la capacidad de rendimiento corporal.<sup>12</sup>

De acuerdo con las diferentes metas y niveles de desarrollo, el entrenamiento se puede llevar a la práctica dentro de diferentes ámbitos, como por ejemplo: el entrenamiento de alto rendimiento y rehabilitación por mencionar algunos.<sup>12</sup>

### **2.5.1. Principios de la estimulación de la fuerza**

A continuación se muestra un listado de los principios más importantes a tomar en cuenta para la creación de un óptimo y correcto plan de estimulación de la fuerza.

- Principio de adaptación biológica: Los tres principales tipos de tejidos del sistema músculo esquelético son las estructuras óseas, músculos y el tejido conectivo. Cuando estos elementos son sometidos a estrés mediante la actividad física, deben sufrir ciertas adaptaciones anatómicas de manera coordinada para preservar la integridad del sistema músculo esquelético y no sufrir lesiones.<sup>10</sup>
- Principio de la carga individualizada: Este principio busca que los estímulos del entrenamiento se correspondan con la capacidad de carga psicofísica, con la tolerancia individual y con las necesidades de cada sujeto.<sup>12</sup>
- Principio del aumento progresivo del esfuerzo: Como regla general en el entrenamiento de la fuerza debe haber un aumento progresivo para evitar la

sobrecarga del aparato locomotor, puesto que las estructuras de este muestran diferentes velocidades de acoplamiento.<sup>13</sup>

- Principio de regularidad del entrenamiento: En algunas ocasiones el empeoramiento o estancamiento de la condición física y la rehabilitación aparecen por la interrupción, excesiva uniformidad y pausas demasiado largas entre unidades de entrenamiento. Por lo que el entrenamiento regular es necesario para mantener el nivel de fuerza.<sup>13</sup>
- Principio de la relación óptima entre esfuerzo y recuperación: Debe existir una óptima relación de la carga del entrenamiento y el descanso, ya que este último es fundamental para la recuperación de quien realiza entrenamientos de fuerza.<sup>14</sup>

## **2.6. Adaptaciones musculares durante el ejercicio**

El músculo esquelético es un tejido con una gran capacidad de adaptación anatomofisiológica a diversas demandas funcionales.<sup>15</sup>

Existe un aspecto fundamental en cuestión a la adaptación del músculo en la estimulación de la fuerza el cual es conocido como hipertrofia.<sup>15</sup>

La hipertrofia es el proceso mediante el cual las fibras musculares aumentan de tamaño. Esto se logra gracias al incremento de filamentos contráctiles de actina y miosina, sarcoplasma y tejido conjuntivo.<sup>15</sup>

Para que se lleven a cabo dichas adaptaciones musculares es necesaria la correcta planificación y periodización de la estimulación de la fuerza. Se sabe que cuando el músculo es sometido a una intensidad de ejercicio del 60-70% de su fuerza máxima ocurre un fenómeno de adaptación crónica que tiene por efecto el aumento de la fuerza y el tamaño de éste.<sup>15</sup>

## **2.7. Periodización de la fuerza**

La periodización de la fuerza es un aspecto fundamental en la planificación del entrenamiento, gracias a esta se pueden obtener los resultados buscados en cada individuo y disminuir el riesgo de sufrir lesiones.<sup>16</sup>

Al llevar a cabo la planificación de un entrenamiento de la fuerza es necesario identificar el tipo de respuesta fisiológica que se busca alcanzar, al tener esto claro se debe planificar un entrenamiento adecuado, el cual debe contar con diferentes variables como ejercicios específicos y técnicas que brindarán el desarrollo deseado.<sup>16</sup>

A continuación se describirán dichas variables, las cuales también son conocidas como componentes de la carga.

### **2.7.1. Volumen de entrenamiento**

El volumen o cantidad de trabajo, incorpora distintas variables del entrenamiento, desde las horas de entrenamiento, la cantidad de kilogramos o toneladas levantadas, y el número de series y repeticiones por sesión de entrenamiento. Todas estas variables deben ser registradas para ayudar a planificar un futuro volumen de entrenamiento.<sup>16</sup>

La cantidad de trabajo varía dependiendo del tipo de entrenamiento de la fuerza que se realiza, por lo cual se maneja un volumen alto para quien busca desarrollar resistencia o fuerza muscular, por otra parte, en un entrenamiento en el cual se busca potencia muscular el volumen es medio. Cabe mencionar que el rendimiento solo mejora mediante la adaptación fisiológica constante a través de los incrementos en el volumen de entrenamiento.<sup>16</sup>

A continuación se hace un listado de las variables y las respectivas características con las que debe contar cada una de ellas para una correcta dosificación del volumen de entrenamiento.

### 2.7.1.1. Intensidad o carga del entrenamiento

La carga se define como la medición cuantitativa y cualitativa de un estímulo de la fuerza, el cual se desarrolla con el objetivo de provocar en el organismo una adaptación anatómica. Esta representa el valor del trabajo realizado durante la estimulación de la fuerza, y su magnitud está determinada por la dosificación de cada una de las variables que la componen, como el número de ejercicios, frecuencia.<sup>17</sup>

En la estimulación de la fuerza, la intensidad se expresa como un porcentaje de la carga de una repetición máxima (1RM), y está determinada por el esfuerzo muscular. La carga del entrenamiento, la cual se expresa en intensidad, es cuantificada por el peso levantado el cual se mide en kilogramos o libras.<sup>16</sup>

En la tabla 2. Con nombre: “Valores estándar de carga”, se muestran los valores de intensidad y las cargas que se emplean para el entrenamiento de la fuerza.

Valor de intensidad	Carga	Porcentaje de 1RM	Tipo de contracción
1	Supermáxima	>105	Excéntrica/isométrica
2	Máxima	90-100	Concéntrica
3	Pesada	80-90	Concéntrica
4	Media	50-80	Concéntrica
5	Baja	30-50	Concéntrica

Tabla 2. Valores estándar de carga.<sup>16</sup>

### **2.7.1.2. Número de ejercicios**

La clave para conseguir un programa eficaz consiste en seleccionar de forma adecuada los ejercicios. El número y tipo de ejercicios debe seleccionarse de acuerdo a la edad, el nivel de rendimiento y las necesidades de cada deporte, por lo cual esta variable puede oscilar entre 3 hasta 12 ejercicios.<sup>16</sup>

### **2.7.1.3. Número de repeticiones y velocidad de ejecución**

En el año 2004 Bompa menciona que cuanto más elevada sea la carga, menor será el número de repeticiones y estas se deberán ejecutar con mayor lentitud. Para desarrollar la fuerza máxima (85 al 105% del 1RM) el número de repeticiones oscila entre 1 a 7 con una ejecución lenta. En los ejercicios para desarrollar potencia (50 al 80% del 1 RM) el número de repeticiones va desde 5 a 10 con una ejecución media a lenta. Y para conseguir resistencia es necesario un número de repeticiones que van desde 10 a 150.<sup>16</sup>

### **2.7.1.4. Número de series**

Una serie se constituye por el número de repeticiones por ejercicio seguida de un intervalo de descanso, este número depende de la cantidad de los ejercicios y repeticiones que se ejecuten por serie, a manera que el número de series disminuye a medida que aumenta la cantidad de ejercicios y viceversa.<sup>16</sup>

El número depende en gran medida de la capacidad del sujeto entrenado y del potencial de entrenamiento, del número de grupos musculares que haya que estimular.<sup>16</sup>



### **2.7.1.5. Intervalos de descanso o densidad**

Durante el entrenamiento, un deportista utiliza el aporte energético de un sistema de energía en función a la carga usada y la duración de la actividad, por lo cual se debe tomar un intervalo de descanso (ID) para reponer el aporte energético agotado antes de ejecutar otra serie.<sup>16</sup>

La duración de los ID depende de varios factores como la carga empleada, la velocidad de ejecución, el número de músculos entrenados y el nivel de forma física. Una planificación cuidadosa de los ID es crítica para evitar tensiones psicofisiológicas innecesarias durante el entrenamiento.<sup>16</sup>

Se debe tener en cuenta que los intervalos de descanso entre series y sesiones de entrenamiento son tan importantes como el propio entrenamiento, dichos intervalos serán descritos enseguida.<sup>16</sup>

#### **– Intervalos de descanso entre series**

Durante los intervalos de descanso, el componente altamente energético de ATP y PC que se utiliza como fuente de energía se reabastece en proporción a la duración del intervalo de descanso.<sup>16</sup>

Cuando el intervalo de descanso se calcula correctamente el ácido láctico se acumula con mayor lentitud, por lo que el sujeto puede mantener el programa planeado. Si el intervalo de descanso es inferior a un minuto, la concentración de ácido láctico es alta; cuando es inferior a 30 segundos, los niveles de lactato son tan altos que el entrenamiento no puede ser tolerado. Por otra parte un ID apropiado va de 3 a 5 minutos, ya que facilita la eliminación de ácido láctico del cuerpo y permite una recuperación casi completa del ATP/PC.<sup>16</sup>

En la tabla 3. Relación entre ID y aplicabilidad, se muestran las pautas sugeridas para los intervalos de descanso entre series con distintas cargas y sus circunstancias aplicables.

Porcentaje de carga	Velocidad de Ejecución	ID (minutos)	Aplicabilidad
<b>105 (excéntrico)</b>	Lenta	4-5	Mejora la fuerza máxima y el tono muscular
<b>80-100</b>	Lenta a media	3-5	Mejora la fuerza máxima y el tono muscular
<b>60-80</b>	Lenta a media	2	Mejora la hipertrofia muscular
<b>50-80</b>	Rápida	4-5	Mejora la potencia
<b>30-50</b>	Lenta a media	1-2	Mejora la resistencia muscular

Tabla 3. Relación entre ID Y aplicabilidad.<sup>16</sup>

### – Intervalos de descanso entre las sesiones de entrenamiento

El intervalo de descanso entre sesiones de entrenamiento depende del nivel de forma física y de la capacidad de recuperación del individuo, de la fase de entrenamiento y de la fuente de energía empleada en el entrenamiento.<sup>16</sup>

Los niveles de glucógeno muscular consumido en una sesión de entrenamiento de la fuerza se ven recuperados en un 55% en 5 horas y casi un 100% en 24 horas. Esto significa que el entrenamiento de la fuerza puede planificarse con mayor frecuencia.<sup>16</sup>

## **2.8. Método de la hipertrofia**

Este método se centra sobre todo en el aumento de volumen de los músculos motores primarios. Su principal objetivo es provocar cambios químicos en los músculos, resultando en el aumento de los elementos contráctiles de la fibra muscular y plasma de la célula muscular.<sup>16</sup>

El elemento clave de la hipertrofia es el efecto acumulativo del agotamiento durante el número total de series. Como consecuencia de dicho agotamiento, el reclutamiento y sincronización de las unidades motoras es mucho mayor, además, se estimulan las reacciones químicas y el metabolismo proteico de modo que se obtiene una hipertrofia muscular óptima.<sup>16</sup>

De acuerdo con Bompa, es necesario conseguir el número máximo de repeticiones en una serie para obtener los mejores resultados posibles, de forma que el número de repeticiones puede oscilar entre 6 y 12, esto trae como resultado alcanzar un grado de agotamiento que impida ejecutar la última repetición. Además, los ejercicios deben ejecutarse a velocidad moderada, la estimulación de la hipertrofia se logra con un número bajo de ejercicios, que va desde 2 a 3, con el objetivo de implicar solo los músculos motores primarios, y no a todos los grupos musculares.<sup>16</sup>

## **2.9. Nutrición y ganancia de peso.**

Para la obtención de una óptima ganancia muscular se debe realizar un programa de sobrecarga, además de un consumo adecuado de nutrientes mediante la dieta, para así proveer un aumento de las calorías necesarias para el crecimiento muscular. Es imposible determinar el número exacto de calorías que un individuo debe ingerir para aumentar la masa muscular; es por ello que en primera instancia se debe aumentar ligeramente la ingesta de alimentos y monitorear el incremento de peso con chequeos rutinarios.<sup>18</sup>

Un elemento fundamental a tomar en cuenta es la ingesta de la proteína. A lo largo del tiempo se ha creído que la ingesta de grandes cantidades de proteína aumenta con mayor facilidad el crecimiento muscular. Aunque en la actualidad, se han hecho múltiples investigaciones las cuales ponen en duda si esta aseveración es realmente verdadera. Aun así, se tiene claro que los sujetos que realizan ejercicio físico con el objetivo de aumentar su masa muscular requieren mayor cantidad de proteína que sujetos sedentarios. De acuerdo con Tarnopolsky, mediante una serie de estudios realizados en 1998 se concluyó que el requerimiento proteico para un sujeto que realiza programas de estimulación de la fuerza es de 1.5 a 2.0 gr /kg de peso corporal.<sup>19</sup>

## **2.10. Ayudas ergogénicas**

Se le denomina ayuda ergogénica a cualquier suplemento o sustancia administrada de manera exógena, la cual tiene como objetivo mejorar el rendimiento físico.<sup>20</sup>

Desde tiempos remotos los seres humanos han participado en competiciones deportivas, por lo cual, la nutrición ha sido considerada como un componente integral en esta práctica. A la fecha los conocimientos nutricionales han avanzado extraordinariamente, gracias a esto, ahora se sabe que la dieta puede tener influencias positivas o negativas sobre el rendimiento deportivo.<sup>20</sup>

La lista de ayudas ergogénicas es muy amplia, pero el número de sustancias realmente efectivas es menor. Afortunadamente en la actualidad el número de estudios objetivos realizados por especialistas en los campos de nutrición deportiva y fisiología del ejercicio es cada vez mayor.<sup>20</sup>

En general, los suplementos nutricionales que existen en el mercado se presentan como estimuladores de la producción o la liberación de diversas hormonas o como modificadores de procesos fisiológicos que incrementan la masa muscular y la fuerza.<sup>20</sup>

### **2.10.1. Creatina**

La creatina fue descubierta en 1830 por el científico francés, Chevreul. Años después, en 1847, Liebeg confirmó su existencia en los alimentos como la carne roja, además, fue el primero en especular que la creatina estaba vinculada de alguna forma con el rendimiento muscular. Pero no fue hasta principios de 1900 cuando se comenzó la investigación del uso de la creatina como suplemento oral. En la década de 1970 los estados soviéticos comenzaron a utilizar la creatina como un potenciador del rendimiento físico<sup>21 22</sup>, finalmente, el verdadero avance del estudio de la suplementación con creatina no ocurrió sino hasta 1990, en Estados Unidos de América y Gran Bretaña.<sup>21</sup>

En la actualidad, es uno de los suplementos más conocidos y utilizados en el mundo.<sup>23</sup> Hoy en día, se estima que se utilizan más de 2.5 millones de kilogramos de este suplemento.<sup>24</sup> Con ventas que superaron los 200 millones de dólares desde 1998.<sup>25</sup>

La creatina es un compuesto inorgánico natural, el cual se obtiene a través de la ingesta de carnes rojas y pescado, este compuesto se encuentra en mínimas cantidades en los vegetales, además, puede producirse de manera endógena, esto quiere decir que se genera dentro del organismo en estructuras como el páncreas, hígado y riñones a razón de solo un gramo diario.<sup>26 27</sup>

Esta se obtiene en parte a través de la síntesis en el organismo y es transportada por el sistema circulatorio hacia el cerebro, hígado, testículos y principalmente a la masa muscular, en donde se almacena entre el 95% y 98% de la creatina total en el cuerpo humano. Este compuesto se almacena en dos maneras distintas: creatina libre, la cual comprende el 40% de la creatina muscular, y fosfocreatina, que forma el 60% restante.<sup>28</sup>

El cuerpo humano metaboliza aproximadamente entre 1.1% y 2.6% del depósito total de creatina, esto quiere decir que para un sujeto de 70kg que posee aproximadamente entre 120gr y 140gr, eliminaría entre 1.5 gr a 3.5 gr. Estas pérdidas serán repuestas por la ingesta de productos que contengan creatina y el 50% restante a partir de la síntesis endógena.<sup>23 29</sup>

## **2.11. Estado actual del conocimiento**

Después de una búsqueda de la literatura científica, mediante la ayuda de algunas bases de datos como: Pubmed, Scielo y Elsevier, se lograron obtener los siguientes datos; los cuales están relacionados con el tema central de esta investigación. Para una mayor comprensión de este compendio cabe destacar algunos puntos importantes los cuales se muestran a continuación, y se abordan enseguida.

- La ingesta de creatina como suplemento
- Relación entre creatina, rendimiento físico e hipertrofia muscular.
- Dosis ideal de monohidrato de creatina
- Modo de suministrar el monohidrato de creatina
- Falta de sensibilidad a la ingesta de monohidrato de creatina

### **2.11.1. *La ingesta de creatina como suplemento***

La creatina fue propuesta como suplemento dietético en la década de 1920, pero no fue hasta 1990 cuando se demostró que esta podría incrementar la cantidad total de creatina y PCr muscular; Para lograr el aumento total de creatina es necesaria la ingesta de un suplemento que aporte una cantidad elevada de monohidrato de creatina de alta calidad a manera que esta se absorba de forma rápida en el torrente sanguíneo y cause una brusca elevación de los niveles de creatina plasmática para que de esta forma sea captada en las células musculares. En la gran mayoría de los estudios realizados para comprobar los efectos del monohidrato de creatina se ha observado una mejora en las adaptaciones producidas por los programas de estimulación de la fuerza, generando así la

posibilidad de mejorar el rendimiento deportivo y por consiguiente el estado físico.<sup>23</sup> Estos resultados han hecho que la creatina sea uno de los suplementos más utilizados en la actualidad.<sup>30</sup> Además, este suplemento ya no solo es utilizado por los atletas de elite, sino también por muchos deportistas recreacionales, ancianos y niños de ambos sexos.<sup>31</sup>

### **2.11.2. *Relación entre creatina, rendimiento físico e hipertrofia muscular***

La literatura científica ha documentado que se han encontrado incrementos en la fuerza, tanto a nivel de fuerza máxima estimada por el valor de la 1RM, así como de la fuerza-resistencia, la cual se estima por la mayor cantidad de repeticiones por un porcentaje de la 1RM (70/85%), estas ganancias se obtienen principalmente en ejercicios multiarticulares. Habiendo un aumento del 3% al 45% para la fuerza máxima, y entre un 16% y un 43% para la fuerza-resistencia.<sup>28</sup>

En 2011 Cooper menciona que el incremento de las concentraciones de creatina favorece la velocidad y capacidad de regenerar ATP. Además, que ni la creatina ni la fosfocreatina tienen efectos anabólicos directos sobre el músculo, sino que generan beneficios indirectos al favorecer a la realización de una mayor cantidad de trabajo a intensidades moderadas y altas.<sup>32</sup>

Mediante un estudio realizado en 2003 por Rawson y Volek se concluyó que la creatina ha mostrado mayores beneficios en los esfuerzos cortos (no mayores a 30 segundos) y repetidos realizados de forma intermitente y con pausas de recuperación relativamente cortas de entre 1 y 6 minutos<sup>28</sup>. A menudo estas variables son utilizadas en los entrenamientos clásicos para la estimulación de la hipertrofia.

### **2.11.3. Dosis ideal de monohidrato de creatina**

En 2001 Persky señala que cuando se desea producir un incremento rápido de la creatina total en el músculo, como en el caso de un fisicoculturista, la suplementación en forma de carga la cual consiste en una dosis de 20gr dividido en 4 tomas diarias durante 3 a 5 días, seguido de una fase de mantenimiento con una dosis única de 2gr a 3gr, o hasta 5 gr al día para mantener la saturación máxima de los depósitos de creatina alcanzados en el periodo anterior, sería efectiva ya que otorga la cantidad necesaria para regenerar rápida y eficazmente la cantidad degradada durante el día.<sup>29</sup> Por otra parte, en deportistas en donde no se busque un incremento rápido del peso corporal, la aplicación de una sola dosis de 5 gr sin realizar la fase de carga durante un periodo de tiempo mínimo de 30 días sería una estrategia más conveniente y efectiva para generar un incremento gradual de los depósitos de creatina hasta llegar a una saturación celular de la misma forma que el método de carga, pero reduciendo la exagerada excreción por vía renal y elevada retención de agua en el músculo.<sup>33</sup>

### **2.11.4. Modo de suministrar el monohidrato de creatina**

A través de diferentes estudios se llegó a la conclusión que el suministro de la creatina aunado a diferentes sustancias genera efectos distintos. La capacidad de absorción de este suplemento a nivel muscular depende de que los niveles de insulina en sangre sean altos, por lo que se ha recomendado ingerirla junto con carbohidratos a razón de 1/6, y agua a temperatura ambiente, ya que las temperaturas bajas disminuyen su absorción en el estómago.<sup>27</sup> Por el contrario se recomienda reducir o eliminar la ingesta de café, ya que la cafeína disminuye la absorción intestinal de la creatina gracias a su efecto diurético, sin embargo estos efectos indeseables solo se dan al ingerir la creatina junto con la cafeína, por lo que si estos se ingieren en diferentes momentos los efectos ergogénicos de la creatina no se ven perjudicados.<sup>34</sup>



Persky refiere que es de gran importancia que durante los periodos de suplementación con creatina se mantenga la ingesta de líquido alta, ya que la pobre ingesta de este podría limitar la absorción de la creatina a nivel celular, por lo que recomienda agregar al consumo habitual de agua de 200 a 250 ml por cada 2.5gr de creatina.<sup>29</sup>

Algunas investigaciones mencionan efectos secundarios al consumir este suplemento de forma indiscriminada tanto en cantidad como en tiempo y sin control ni asesoramiento profesional, como trastornos renales, gástricos o calambres musculares, pero esto solo constituye especulaciones que no han sido comprobadas científicamente.<sup>23</sup>

Existen diferentes corrientes científicas que han intentado clasificar a la creatina como una forma de doping, pero esta no ha sido considerada hasta el momento como tal, de tal manera que su uso se aplica dentro del campo médico para recuperar la masa muscular después de lesiones o disminución del daño celular ocasionado por intervenciones quirúrgicas.<sup>26</sup>

#### **2.11.5. Falta de sensibilidad a la ingesta de monohidrato de creatina**

En algunos estudios se ha observado que algunos sujetos no responden de la misma forma que el resto a la ingesta de monohidrato de creatina a pesar de seguir un plan de entrenamiento y suplementación adecuado.<sup>35</sup> Sirotuik y Bell han descrito las características morfofisiológicas de mayor importancia que caracterizan a los sujetos que responden y no responden favorablemente a un programa de suplementación con monohidrato de creatina, clasificándolos en sensibles, algo sensibles y nada sensibles, con respecto al incremento de los niveles de creatina total y masa muscular.<sup>36</sup>

Algunos factores que determinan la captación y retención de la creatina dentro de la célula están relacionados con el sujeto y la forma de suministrar este suplemento. Varios autores han investigado ciertas variables que determinan si un sujeto es

sensible o no a la ingesta del monohidrato de creatina, encontrando los siguientes hallazgos correspondientes a la anatomofisiología del sujeto. Con el paso de la edad los depósitos de este sustrato suelen disminuir, por lo que sujetos con mayor edad suelen responder mejor con respecto a los jóvenes<sup>31</sup>, por otra parte personas con mayor masa muscular suelen tener mayor cantidad de fibras rápidas por lo que son más sensibles a la captación.<sup>26</sup> También es importante el grado de irrigación sanguínea de la musculatura, ya que si este es mayor favorecerá el abastecimiento y asimilación de los sustratos a nivel muscular.<sup>37</sup> Burke menciona que los hábitos nutricionales son muy importantes, ya que las personas vegetarianas suelen tener un mayor índice de la creatina absorbida, ya que sus reservas en comparación con sujetos carnívoros son menores.<sup>33</sup> Como ya se ha mencionado con anterioridad, existen otros factores que no se relacionan con el sujeto, sino con la ingesta del suplemento. El momento en que se ingiere es de suma importancia, si este se toma antes, durante o después del entrenamiento los resultados son más significativos, mientras que el efecto suele perderse a medida que la ingesta se aleja de las horas del entrenamiento.<sup>37</sup> El aporte simultáneo de carbohidratos u otros sensibilizadores facilitan la absorción en la célula muscular.

Cabe mencionar que el sexo no parece afectar la concentración de creatina en la musculatura, así como tampoco la respuesta del organismo a los diferentes protocolos de entrenamiento y suplementación.<sup>23</sup> Por último, el tipo y organización de entrenamiento son la clave para obtener los resultados más óptimos, ya que los trabajos de fuerza realizados con pausas cortas a moderadas tienen más resultados que los trabajos de baja intensidad como los entrenamientos aeróbicos.<sup>26</sup>

## **Capítulo 3 – Metodología de la investigación**

La metodología empleada en el presente estudio se basa en lo descrito por Hernández Sampieri.<sup>38</sup>

### **3.1 Enfoque de la investigación**

El enfoque que se le da a la presente investigación es el cuantitativo. Ya que este se caracteriza por ser un proceso secuencial en el cual se recolectan datos medibles con la finalidad de resolver un problema en concreto mediante procedimientos estándar.

### **3.2 Alcance de la investigación**

El alcance de este estudio es exploratorio; ya que este se emplea cuando se tiene como objetivo abordar un tema poco estudiado o bien, cuando existen dudas en relación con el mismo. Aunque en la actualidad la creatina es uno de los suplementos más utilizados, existen una serie de variables que aún no están bien definidas, por lo que existen variaciones en los resultados obtenidos de la ingesta de este suplemento. Por tanto, se busca recabar información de múltiples fuentes científicas con la finalidad de que el estudio se aplique, o bien, sirva de base y referencia teórica en la aplicación de protocolos con el uso de la creatina.

### **3.3 Diseño del estudio**

El presente estudio entra en la categoría de diseño analítico ya que evalúa la relación entre la ingesta de creatina y un programa de estimulación de la fuerza, los cuales, en conjunto tuviesen la capacidad de generar fuerza e hipertrofia muscular. Este cuenta con características de tipo longitudinal ya que el protocolo se llevó a cabo en un lapso de 30 días en el cual se observaron los cambios obtenidos mediante dos mediciones, una al inicio y otra al final de la investigación. Además de

ser comparativo cuasi-experimental, pues se realizó en un grupo control y un grupo experimental; en este último se manipuló de forma intencional la variable independiente (ingesta de creatina) para generar cambios en la variable dependiente (mayor fuerza e hipertrofia muscular), a diferencia del grupo control en el cual solo se realizó el programa de estimulación de la fuerza. Todo esto se efectuó en un contexto de campo por no realizarse en un laboratorio, con un control menos riguroso sobre las variables.

### **3.4 Variables a estudiar**

Las variables independientes que se manipularon para la obtención de cambios en las variables dependientes son propias del programa de estimulación de la fuerza y la dosificación de la ingesta de la creatina, es decir: ejercicios a realizar, número de series, número de repeticiones, tempo de ejecución, intervalos de descanso entre series, intensidad, frecuencia; así como la dosis y hora de ingesta de la creatina.

### **3.5 Muestra poblacional**

La muestra estuvo conformada por 10 participantes, y esta fue seleccionada por conveniencia. El tipo de muestra fue no probabilística, ya que dicha muestra no es estadísticamente representativa de la población.

Para conformar dicha muestra se realizó una invitación a todas y cada una de las integrantes de la selección femenil de basquetbol de la ENES UNAM Unidad León, se le proporcionó una charla en la cual se les brindó toda la información con respecto al estudio, y posteriormente se les solicitó a quienes estuvieran interesadas a llenar un pre-registro, del cual se obtuvo la muestra final con respecto a los criterios de inclusión y exclusión.

Dicha muestra fue seleccionada y dividida para conformar un grupo experimental y un grupo control por medio del método de tómbola.

### **3.5.1. Criterios de inclusión**

Fueron seleccionadas todas aquellas aspirantes quienes cumplieran con las siguientes características:

- Integrantes de la selección femenil de basquetbol de la ENES UNAM Unidad León.
- Aceptar de manera voluntaria formar parte del estudio.

### **3.5.2. Criterios de exclusión**

Se excluyó del grupo de estudio a quien:

- Presentara alguna lesión musculoesquelética y/o enfermedad que limitara sus actividades deportivas.
- Estuviera embarazada.
- Se encontrara realizando algún tipo de entrenamiento de la fuerza e ingiriera algún suplemento alimenticio.
- Tuviera una alimentación vegetariana o no ingiriera alimentos de origen animal como carnes rojas y pescado.

### **3.5.3 Criterios de eliminación**

Fue motivo de eliminación del participante cuando:

- No se presentara a más de dos sesiones de ejercicio o a alguna de las valoraciones.
- Sufriera alguna lesión o cursara por alguna enfermedad incapacitante durante el estudio.
- Presentará reacciones físicas y/o emocionales adversas al protocolo realizado.
- No ingiriera la dosis de la suplementación estipulada.
- Decidiera abandonar el estudio por voluntad propia.
- Se presentaran cuadros alérgicos en el individuo con la ingesta de creatina como trastornos gástricos y presencia de calambres musculares.

### **3.6. Herramientas de evaluación**

Para la evaluación de este estudio se realizaron dos valoraciones a las participantes, una inicial y otra final, en las cuales se recolectaron datos personales de cada individuo.

Además, se incluyeron y utilizaron las siguientes herramientas de medición en las valoraciones mencionadas con anterioridad:

- Medición antropométrica de la circunferencia del muslo
- Valoración del 1RM de acuerdo a Brzycki.

Estas se explican a continuación:

#### ***Medición antropométrica de la circunferencia del muslo***

Estas son algunas de las indicaciones generales que se deben considerar para la realización de las mediciones antropométricas.

- Marcaje: Localizar los puntos antropométricos de referencia, para señalarlos se debe utilizar un lápiz demográfico o una pluma y realizar el marcaje inmediatamente después de localizar el punto.
- Posición del individuo: el sujeto a medir debe colocarse de pie con los talones unidos, el cuerpo perpendicular al suelo, los brazos descansados a los lados, manos abiertas y hombros relajados. Esta postura puede sufrir modificaciones en cada medida.
- Deberá utilizarse el mismo instrumento para toda la muestra y realizar la calibración del equipo si este la requiere.

En primera instancia deben colocarse los marcadores, el primero de ellos se ubica en el borde proximal de la rótula, este debe marcarse con el sujeto de pie.

A continuación se ubica el punto medio del pliegue inguinal, el cual se localiza por debajo de la espina ílica anterosuperior cuando el sujeto flexiona la cadera, por lo que el marcador se realizará con el sujeto sentado y apoyando su pie sobre un banco. Una vez localizados ambos sitios se aplicará otro marcador en el punto medio entre estos.

Para realizar la medición, el sujeto debe estar de pie, recto, las piernas ligeramente separadas y el peso corporal repartido entre ambos pies. Con la musculatura del muslo totalmente relajada se procede a tomar la medición de la circunferencia, la cual se ubica en el punto medio del muslo, en donde se realizó el último marcador.<sup>39</sup>

### ***Valoración del 1RM de acuerdo a Brzycki***

El método más ampliamente aceptado para determinar el valor del 1RM es el método directo el cual se logra a través de la realización de una serie de intentos de un ejercicio específico y se toma el peso máximo levantado de todos los intentos, sin embargo este podría no ser el apropiado para ciertas personas que sufren de alguna lesión, o bien, que son principiantes; por lo que existe otro método indirecto descrito por Brzycki, el cual se considera más seguro y con la misma efectividad; en este se realizan múltiples repeticiones de un ejercicio específico con una carga de peso submaxima, al obtener el resultado de estas dos variables se ingresan en la siguiente ecuación de predicción del 1RM.<sup>40</sup>

$$1RM = (\text{Peso levantado} \times 100) / K$$

$$K = 102.78 - (2.78 \times \text{Repeticiones}).$$

### ***Ejercicios implementados***

A continuación, se enlistarán los ejercicios que fueron utilizados en este protocolo. Cabe mencionar que dichos ejercicios fueron seleccionados por el investigador a conveniencia, ya que como lo menciona Bompa, se necesita implementar ejercicios multiarticulares en donde se involucren los músculos

motores primarios de un movimiento para la obtención de mayor hipertrofia muscular, además, el gimnasio de pesas de la clínica de fisioterapia donde se realizó este protocolo cuenta con la maquina Dual Adjustable Pulley de Life Fitness® la cual permite la ejecución de estos ejercicios con un menor riesgo de lesión en comparación con los pesos libres.<sup>16</sup>

Se describirá también la posición adecuada en la que deben colocarse las participantes para la correcta realización del ejercicio, y se mencionarán los músculos implicados que llevan a cabo, en conjunto, la ejecución de cada uno de ellos.

### ***Squat (sentadilla)***

- Los pies deben estar separados entre sí a la anchura de los hombros y en una misma línea sin estar uno adelantado sobre otro, con los dedos apuntando hacia el frente y ligeramente orientados hacia afuera, formando un ángulo de 30° aproximadamente.<sup>41</sup>
- Se debe tomar la barra a la misma distancia de cada lado, y empuñándola con los pulgares para que la barra no se rote y resbale, y así evitar un potencial riesgo.<sup>42</sup>
- Durante la ejecución del ejercicio la mirada debe mantenerse al frente, y con el tronco en posición vertical, con un ligero grado de flexión, los glúteos ligeramente hacia afuera, y el abdomen en contraído en todo momento.<sup>42</sup>
- La profundidad de la sentadilla dependerá de la movilidad articular de cada participante. por lo que se realizará una flexión de 0° a 100°, habiendo una activación muscular apropiada de acuerdo a Escamilla.<sup>42</sup>
- Los músculos motores primarios que se activan para realizar este ejercicio son los cuádriceps y el glúteo mayor .<sup>42</sup>





*Posición inicial de sentadilla.*



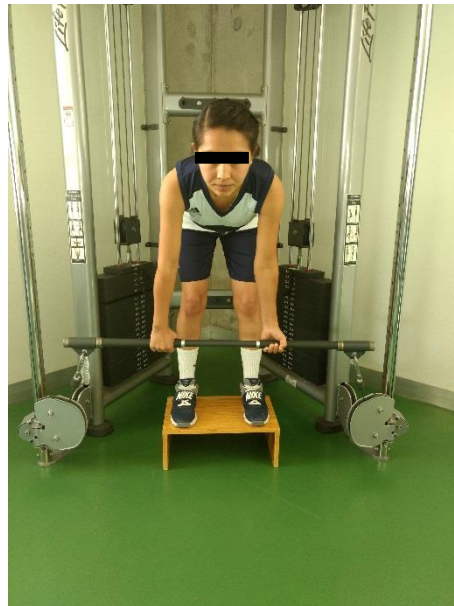
*Posición final de sentadilla.*

### ***Dead lift (peso muerto)***

- Los pies deben estar separados entre sí a la anchura de los hombros y en una misma línea sin estar uno adelantado sobre otro, y con las rodillas colocadas entre los brazos.<sup>43</sup>
- Se debe tomar la barra a la misma distancia de cada lado, a manera de distribuir el peso por igual, el agarre puede ser con ambas manos en pronación, o una en pronación y la otra en supinación para un mejor agarre.<sup>43</sup>
- Durante la ejecución del ejercicio la mirada debe mantenerse al frente, con la espalda en posición neutra, caderas y rodillas flexionadas.<sup>43</sup>
- El ejercicio comienza con la extensión de las rodillas al intentar elevar el pecho, posteriormente realizar una extensión de caderas, manteniendo el ángulo de la espalda y los brazos totalmente extendidos, acercando la barra al cuerpo y subiendo a la vez y el abdomen contraído en todo momento. Al obtener la semiflexión de las rodillas y las caderas extendidas en posición neutra se logra la posición erguida, y por tanto la ejecución del ejercicio.<sup>43</sup>
- Los músculos motores primarios que se activan para realizar este ejercicio son los isquiotibiales y el glúteo mayor.<sup>43</sup>



*Posición inicial de peso muerto.*



*Posición final de peso muerto.*

### **3.7. Descripción general del estudio**

El presente estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre el mes de Octubre de 2017; y fue concluido en Diciembre del mismo año.

La muestra fue conformada por las jugadoras de la selección de basquetbol femenino de la ENES UNAM Unidad León que aceptaron participar en el protocolo de investigación, las cuales recibieron, leyeron y firmaron una carta de consentimiento informado (anexo 1). En ese momento se contestaron todas las dudas que les surgieron acerca del protocolo y se les asignó por el método de tómbola y sin su conocimiento a que grupo pertenecerían (experimental y control). En seguida se les realizó una valoración inicial (anexo 2), la cual tuvo lugar en los cubículos de valoración de la clínica de fisioterapia de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León y en el gimnasio de pesas de la misma.

Posteriormente, en noviembre de 2017 se comenzó con la aplicación del programa de estimulación de la fuerza y la suplementación con creatina en el grupo experimental, en el grupo control solo se implementó el programa de estimulación de la fuerza y la ingesta de un placebo con las mismas características de la bebida que contenía la creatina, todo esto durante un periodo de 30 días en ambos grupos. Las sesiones de entrenamiento se realizaron 2 veces por semana, llevadas a cabo los días martes y viernes; con la finalidad de respetar los intervalos de descanso para la obtención de una correcta recuperación de las participantes según lo descrito por Bompa.

La intervención en este protocolo fue dividida en 2 sesiones de estimulación de la fuerza por semana, ya que se dividió el entrenamiento a manera que se estimulara un grupo muscular por cada día de intervención, obteniendo así mejores resultados gracias a un mayor intervalo de descanso entre sesiones de entrenamiento según Bompa, por consiguiente, los días martes se realizó entrenamiento de cuádriceps, y los días viernes de isquiotibiales; todo esto se llevó a cabo en el gimnasio de pesas de la Clínica de Fisioterapia de la ENES UNAM Unidad León, en presencia del investigador.

Pasados los 30 días de la aplicación del protocolo se realizó la recolección de datos finales (anexo 3), en la cual se valoró nuevamente la circunferencia de muslos y 1RM de los grupos musculares de dicho segmento corporal (cuádriceps e isquiotibiales) con el fin de obtener parámetros para la comparación entre ambas valoraciones.

### **3.8. Protocolo de intervención**

A continuación se describirá la forma en la que se llevó a cabo este protocolo, detallando los procedimientos realizados e indicaciones que fueron dadas a las participantes.

#### **3.8.1 Proceso de medición de circunferencia de muslo**

Para llevar a cabo este proceso de medición se le pidió a cada una de las participantes su asistencia en el área de valoración de la clínica de fisioterapia de la ENES UNAM unidad León, en donde se ingresó una a una al cubículo de valoración. En primera instancia se colocaron los marcadores y posteriormente se realizó la medición con el sujeto de pie y la musculatura del muslo totalmente relajada.



*Marcador de medición localizado en el punto medio entre el borde proximal de la rótula y el pliegue inguinal.*



*Medición de la circunferencia media del muslo.*

### **3.8.2. Valoración de 1RM de cuádriceps e isquiotibiales**

Como ya se mencionó con anterioridad, parte de la valoración inicial consistió en determinar el 1RM de cuádriceps e isquiotibiales, por lo que se utilizaron los ejercicios de sentadilla con barra y peso muerto para la valoración de este.

En primera instancia cada participante llevo a cabo un calentamiento, el cual consistió en la movilidad articular global con una caminata de 5 minutos. Posteriormente se realizó una serie de 15 repeticiones de sentadilla y peso muerto con el 30% al 50% del esfuerzo máximo percibido, después de un periodo de descanso de 3 minutos cada participante realizó la prueba para la valoración del 1RM y los datos recolectados fueron procesados y aplicados en la fórmula que se muestra en el apartado “Valoración del 1RM según Brzycki” para la obtención del resultado.

Cabe mencionar que la técnica de ejecución de los ejercicios de sentadilla y peso muerto se aplicaron de la misma forma tanto en la valoración del 1RM como en el entrenamiento, dichas técnicas han sido mencionadas en el apartado de herramientas de trabajo, descritas como “ejercicios implementados”.

### **3.8.3. Indicaciones a las participantes sobre la ingesta de suplementación**

Al momento de concluir la valoración inicial, se les proporcionaron indicaciones a todas las participantes sobre la correcta ingesta de la suplementación, y como se administraría a lo largo del protocolo.

- **Hora de ingesta:** Los días de entrenamiento se administraría la suplementación inmediatamente antes de comenzar la actividad física; y en los días en que no se realizara dicha actividad se ingeriría la misma dosis en presencia del investigador.

Cabe recalcar que este estudio estuvo conformado por un grupo experimental y un grupo control, por lo que la dosificación de la suplementación fue distinta en ambos grupos, esta es descrita a continuación:

- **Dosis de grupo experimental:** 5 gramos de monohidrato de creatina (Optimun Nutrition) y 30 gramos de polvo para preparar bebida isotónica (Gatorade®); disueltos en 500 ml de agua para su posterior ingesta.
- **Dosis de grupo control:** 35 gramos de polvo para preparar bebida isotónica (Gatorade®); disueltos en 500 ml de agua para su posterior ingesta.

Estos suplementos fueron utilizados ya que cuentan con las características necesarias con las que se experimentó en estudios en los cuales se obtuvieron los hallazgos científicos mencionados en los antecedentes de la presente investigación.

### **3.8.4. Procedimiento general del entrenamiento**

Para la correcta ejecución del entrenamiento se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Al llegar al gimnasio, cada participante realizó una entrada en calor, la cual consistió en la realización del ejercicio con el cual se entrenaría el mismo día (sentadilla o peso muerto), con un volumen de 3 series por 20 repeticiones con el 20% del máximo percibido y un periodo de descanso de 1 minuto entre cada serie.
2. Posteriormente, el investigador moduló la carga de peso en el equipo en el cual se trabajaría (60-80% 1RM) con respecto a los resultados obtenidos inicialmente en la valoración de cada participante.
3. Enseguida, se realizó una serie de 6 a 12 repeticiones con una ejecución de media a lenta.
4. Entre cada serie se tomó un intervalo de descanso de 3-5 minutos. Siendo de 3 minutos cuando el porcentaje de carga se acercaba más al 60% y de 5 minutos al superar el 75%.
5. Cada participante realizó un volumen distinto del entrenamiento, el cual se encontraba dentro del rango de volumen aceptable para la realización del protocolo, este fue referido por cada participante como el máximo de ejecución con respecto a sus capacidades psicofísicas.
6. Al finalizar todas las series, se realizó un enfriamiento y estiramiento activo de los músculos trabajados.

Cabe mencionar que las variables de la estimulación de la fuerza fueron reportadas en cada sesión en una hoja de entrenamiento para cada participante (anexo 4). Generando, por consecuencia, ocho hojas de entrenamiento por cada una de ellas.



A continuación, se muestra en la tabla 4: La dosificación del programa del entrenamiento de la fuerza.

Dosificación del entrenamiento de la fuerza		
Numero de ejercicios	1 ejercicio por sesión	
Volumen	Series	8-12
	Repeticiones	6-12 por serie
Frecuencia	2 veces por semana (martes: sentadilla; viernes: peso muerto)	
Tempo	2:3	
Intervalo de descanso (entre series)	3-5 minutos	

*Tabla 4. Dosificación del programa del entrenamiento de la fuerza.*

Estos parámetros de entrenamiento fueron generados por el investigador a partir de la información obtenida en la literatura científica descrita por Bompa.

## Capítulo 4 – Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de esta investigación después la intervención que se llevó a cabo durante un periodo de 30 días.

La muestra inicial estuvo conformada por 10 jugadoras pertenecientes a la selección femenil de basquetbol de la ENES UNAM Unidad León, las cuales fueron seleccionadas mediante criterios de inclusión. Al aplicar los criterios de eliminación dicha muestra se redujo a 8 jugadoras. Esta muestra poblacional fue dividida al azar mediante el método de tómbola.

Una vez aplicado el protocolo con base en las especificaciones y durante el periodo estipulado se prosiguió con la recolección de datos final, la cual brindó la información necesaria para hacer la respectiva comparación con los datos obtenidos en la valoración inicial.

A continuación se describirán los datos obtenidos en forma porcentual en el siguiente orden:

- Circunferencia de muslo.
- Repetición máxima.
  - Cuádriceps.
  - Isquiotibiales.
- Volumen de entrenamiento.

### 4.1. Circunferencia de muslo

Los datos obtenidos en la medición de la circunferencia de ambos muslos de los 8 sujetos que conformaron la muestra final de este estudio se muestran a continuación en la tabla 5 y 6. En estas se pueden observar los valores obtenidos en la evaluación inicial y final, además de la diferencia entre ambos valores al concluir el estudio.

Cabe mencionar que el grupo control estuvo conformado por los sujetos 1, 2, 3 y 4. Mientras que el grupo experimental por los sujetos 5, 6, 7 y 8.

	Grupo control					
	Muslo izquierdo		Diferencia	Muslo derecho		Diferencia
	Inicial	Final		Inicial	Final	
Sujeto 1	54	56	2	54	55.8	1.8
Sujeto 2	47	48.5	1.5	46	47.5	1.5
Sujeto 3	63	63.5	0.5	62.5	62.8	0.5
Sujeto 4	54	55	1	54	54.5	0.5

Tabla 5. Medición de circunferencia de muslo expresada en centímetros.

	Grupo experimental					
	Muslo izquierdo		Diferencia	Muslo derecho		Diferencia
	Inicial	Final		Inicial	Final	
Sujeto 5	56.5	58.2	1.7	56.2	56.8	0.6
Sujeto 6	52.7	54	1.3	53	54.4	1.4
Sujeto 7	54	57.3	3.3	54.4	57	2.6
Sujeto 8	49	50.5	1.5	48.7	50.4	1.7

Tabla 6. Medición de circunferencia de muslo expresada en centímetros.

Al analizar los datos se puede observar que en el grupo control se obtuvo una media en el aumento del perímetro del muslo izquierdo y derecho de: 2.34% y 2.05% respectivamente; y en el grupo experimental un aumento de: 3.6% y 2.94%. Al comparar estos datos resulta que hubo un aumento del 1.26% más en el muslo izquierdo de las participantes del grupo experimental con respecto al grupo control. Así como un aumento del 0.89% más en el muslo derecho de las participantes del grupo experimental con respecto al grupo control.

## 4.2. Repetición máxima de cuádriceps en sentadilla

En las tablas 7 y 8. Se muestran los datos obtenidos de cada participante en las valoraciones de la repetición máxima para cuádriceps, así como la diferencia entre ambas mediciones (inicial y final).

	Grupo control		
	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 1	122.78	188.27	65.49
Sujeto 2	106.41	155.53	49.12
Sujeto 3	139.16	171.90	32.74
Sujeto 4	155.53	180.06	24.53

Tabla 7. Repetición máxima de cuádriceps expresada en libras.

	Grupo experimental		
	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 5	151.25	180.06	28.21
Sujeto 6	171.90	237.37	65.47
Sujeto 7	122.44	221.02	98.58
Sujeto 8	139.1	188.27	49.17

Tabla 8. Repetición máxima de cuádriceps expresada en libras.

Según estos datos se puede observar que hubo un aumento promedio de 42.97 libras en el grupo control y 60.5 libras para el grupo experimental, por lo que existe una diferencia de aumento de 17.6 libras más en el grupo experimental con respecto al grupo control.

### 4.3. Repetición máxima de isquiotibiales en peso muerto

Los datos obtenidos de la evaluación de la repetición máxima de isquiotibiales se pueden observar en las tablas 9 y 10. De igual forma, se muestran los valores obtenidos en la evaluación inicial y final, además de la diferencia entre ambos valores al concluir el estudio.

	Grupo control		
	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 1	151.25	204.64	53.39
Sujeto 2	122.78	155.53	32.75
Sujeto 3	139.16	171.90	32.74
Sujeto 4	136.84	188.27	51.43

Tabla 9. Repetición máxima de isquiotibiales expresada en libras.

	Grupo experimental		
	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 5	142.55	171.90	29.35
Sujeto 6	142.55	151.25	8.7
Sujeto 7	139.16	165.65	26.49
Sujeto 8	122.43	152.25	29.82

Tabla 10. Repetición máxima de isquiotibiales expresada en libras.

En esta medición hubo un aumento promedio de 42.57 libras en el grupo control y 23.59 libras para el grupo experimental, por lo que existe una diferencia de aumento de 18.98 libras más en el grupo control con respecto al grupo experimental, caso contrario a lo que ocurrió en la repetición máxima de cuádriceps.

#### 4.4. Volumen referente a la carga de cuádriceps

Como se mencionó con anterioridad, el volumen total fue medido en cada sesión de trabajo, desde el primer entrenamiento hasta el último. Estos datos fueron registrados en las tablas 11 y 12. Donde se muestra el volumen total de cada participante del grupo control y experimental respectivamente durante cada sesión, así como el volumen promedio de cada grupo por sesión.

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Sujeto 1	4800	6800	6800	7600
Sujeto 2	5200	5200	6000	6000
Sujeto 3	6800	6800	7600	6800
Sujeto 4	7600	7600	7600	7600
Promedio	6100	6600	7000	7000

*Tabla 11. Volumen de cuádriceps del grupo control, expresado en libras.*

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Sujeto 5	7796	7600	7600	7600
Sujeto 6	8085	7560	8480	8560
Sujeto 7	4200	5400	6800	6800
Sujeto 8	6800	6800	7600	7600
Promedio	6720.25	6840	7620	7640

*Tabla 12. Volumen de cuádriceps del grupo experimental, expresado en libras.*

A partir de los resultados obtenidos, en la tabla 13 podemos observar lo siguiente para el grupo experimental y el grupo control.

	Sesión 1 a 2	Sesión 2 a 3	Sesión 3 a 4
Grupo control	500	400	0
Grupo experimental	119.75	780	20

*Tabla 13. Progresión de volumen total promedio entre sesiones de entrenamiento, expresada en libras.*

Estos datos fueron la resultante de la diferencia entre el promedio del volumen total de las participantes de cada grupo entre una sesión y otra.

Es importante resaltar el evidente aumento en el volumen promedio alcanzado por las participantes, de ambos grupos. Cabe mencionar que en el grupo experimental se obtuvieron aumentos en la progresión del volumen entre cada sesión, además se registró un aumento en la progresión del volumen total de 19.75 libras más en el grupo experimental con respecto al grupo control.

#### 4.5. Volumen referente a la carga de isquiotibiales

En búsqueda de la misma variable mencionada con anterioridad, en las tablas 14 y 15. Se muestra el volumen total para isquiotibiales de cada participante durante cada sesión, así como el volumen promedio por sesión.

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Sujeto 1	7600	6800	6800	6800
Sujeto 2	5775	6000	6000	6000
Sujeto 3	6800	6800	6800	7600
Sujeto 4	5540	6800	6800	6800
Promedio	6428.75	6600	6600	6800

*Tabla 14. Volumen de isquiotibiales del grupo control, expresado en libras.*

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Sujeto 5	6840	7600	7600	6840
Sujeto 6	7600	6840	6840	7760
Sujeto 7	6800	6800	7600	7600
Sujeto 8	6000	6000	6000	6000
Promedio	6810	6810	7010	7050

*Tabla 15. Volumen de isquiotibiales del grupo experimental, expresado en libras.*

De la misma forma que en el caso anterior; en la tabla 16. Podemos observar lo siguiente para el grupo experimental y el grupo control.

	Sesión 1 a 2	Sesión 2 a 3	Sesión 3 a 4
Grupo control	171.25	0	200
Grupo experimental	0	200	40

Tabla 16. Progresión de volumen total promedio entre sesiones de entrenamiento, expresada en libras.

Estos datos fueron la resultante de la diferencia entre el promedio del volumen total de las participantes de cada grupo entre una sesión y otra.

En esta recolección se registró un aumento en la progresión del volumen total de 131.25 libras más en el grupo control con respecto al grupo experimental, caso contrario a lo que resultó en la progresión de volumen total promedio entre sesiones de cuádriceps.

## Capítulo 5 – Discusión

Después de analizar los datos obtenidos en el presente estudio se realizó la discusión en base a dos temas fundamentales, los cuales son: fuerza e hipertrofia.

### 5.1 Fuerza

Según Rawson y Volek han reportado en la literatura científica que la ingesta de creatina aunado a un programa de entrenamiento de la fuerza ha generado incrementos, tanto a nivel de fuerza máxima estimada por el valor de la 1RM, así como de la fuerza- resistencia, estas ganancias se obtienen principalmente en ejercicios multiarticulares.<sup>28</sup> A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio podemos concluir que hubo un aumento de fuerza máxima de cuádriceps, lo que concuerda con lo mencionado anteriormente; ya que se obtuvo un aumento promedio de 42.97 libras en el grupo experimental y 60.5 libras para el grupo control, por lo que existe una diferencia de aumento de 17.6 libras más en el grupo control con respecto al grupo experimental. Pero también se mostraron algunas diferencias en los resultados obtenidos para el grupo muscular de isquiotibiales ya que hubo un aumento promedio de 42.57 libras en el grupo experimental y 23.59 libras para el grupo control, por lo que existe una diferencia de aumento de 18.98 libras más en el grupo experimental con respecto al grupo control, caso contrario a lo que ocurrió en la repetición máxima de cuádriceps.

Cabe mencionar que si bien hubo cambios significativos en la fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales, así como en la circunferencia de muslos en ambos grupos en comparación con la valoración inicial no se encontraron diferencias significativas entre las participantes que se les administro creatina y las que no. Respaldao este hecho, Persky menciona que para obtener un incremento importante en la fuerza se necesita al menos un periodo de ingesta de creatina de seis meses<sup>29</sup>, por este motivo no se puede concluir que la creatina no influye en la ganancia de fuerza. Por lo que se deja la posibilidad de llevar a cabo otro estudio por un tiempo más prolongado para demostrar su efectividad.

## **5.2 Hipertrofia**

En 1988 Sale realizó un investigación en donde señala que las adaptaciones obtenidas al realizar ejercicio durante las primeras cuatro semanas se deben a factores neurológicos y que es después de este periodo cuando comienzan a observarse cambios estructurales en la miofibrilla.<sup>44</sup> Lo cual difiere con los resultados obtenidos en esta investigación ya que en el grupo experimental se obtuvo una media en el aumento del perímetro del muslo izquierdo y derecho de: 2.34% y 2.05% respectivamente; y en el grupo control un aumento de: 3.6% y 2.94%, después de 30 días de la aplicación del programa de estimulación de la fuerza; lo cual resulta consistente con lo presentado con otros estudios en los que se observaron cambios en la fibra muscular desde periodos tan cortos como 7 días.<sup>44</sup>



## Capítulo 6 – Conclusiones

Después de realizar el análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación y llevar a cabo la discusión de los mismos se concluye que:

- La aplicación práctica del programa de estimulación de la fuerza aunado a la suplementación con creatina resultó ser efectivo para el aumento de fuerza muscular y circunferencia de miembros inferiores en sujetos sanos.
- El programa de estimulación de la fuerza resultó ser benéfico en la mejora del rendimiento deportivo de las jugadoras de la selección femenil de basquetbol de la ENES UNAM Unidad León.
- La aplicación de este protocolo se presenta como una alternativa que permitiría desarrollar hipertrofia muscular y fuerza a corto plazo a pacientes de fisioterapia que cursan por una lesión osteomuscular y que se encuentren en una etapa rehabilitadora en la que se busca evitar o revertir la atrofia muscular.

## Referencias

1. Carrie M. Hall LTB. Ejercicio Terapéutico (Recuperación Funcional) Badalona: Editorial Paidotribo; 2006.
2. Jack H. Wilmore DLC. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 6th ed. España.
3. P. Hespel BKVMVL. Effect of oral creatine supplementation on muscle force and power during exercise training and rehabilitation.
4. J. Marante Fuentes YBPMCRCCGJTL. Lesiones en jugadores no profesionales de baloncesto. Elsevier. 2002 Junio; 22(1).
5. Brown LE. Entrenamiento de la Fuerza Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008.
6. Juan A. García JMH. Anatomía Humana. Primera Edición ed. Santander: Mc Graw-Hill; 2005.
7. Barbany JR. Fisiología del Ejercicio Físico y del Entrenamiento. Primera Edición ed. Barcelona: Paidotribo; 2002.
8. Vaquero JLCAF. Fisiología del Ejercicio. 3rd ed. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 2006.
9. Billat V. Fisiología y Metodología del Entrenamiento. 1st ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2002.
10. Baechle. Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. 2nd ed. Barcelona: Medica panamericana; 2007.
11. Mirella R. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la velocidad y la flexibilidad Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001.
12. Weineck J. Entrenamiento Total. Primera edición. ed. Barcelona: Paidotribo; 2005.
13. Boeckh-Behrens WU. Entrenamiento de la Fuerza. Primera ed. Barcelona: Paidotribo; 2004.
14. Sandoval AEP. diagnóstico y prevención de la fatiga cronica o del síndrome de sobreentrenamiento en el deporte de alto rendimiento. una propuesta de mecanismos de recuperacion biologica. cuadernos de psicología del deporte. 2003; volumen 3(num.1).
15. Hoffman J. physiological aspects of sport training and performance New jersey: Human kinetics; 2002.
16. Bompa TO. Periodización del entrenamiento deportivo. 2nd ed. Barcelona: Paidotribo; 2004.
17. Verkhoshansky. Teoría y metodología del entrenamiento deportivo Barcelona: Paidotribo; 2002.
18. Ordoñez FM. Nutrición Deportiva Aplicada: Guía para Optimizar el Rendimiento. 1st ed. Madrid: ICB editore; 2017.

19. Tarnopolsky MA MJAS619. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol.* 1988; 64(187-93).
20. Burke L. *Nutrición en el deporte* Madrid. 6th ed. Madrid: Medica panamericana; 2007.
21. M S. Scientific facts venid creatine monohydrate as a sport nutrition supplement. *Sports. Med.Phys. Fitness.* 1999: p. 88-179.
22. 28(1):46-60 DTWRFCSM. Effect Effects of creatine supplementation on exercise performance. *Sports. Med.* 1999: p. 46-60.
23. Bemben M&LHD. Creatine Supplementation and exercise performance. *Sport Med.* 2005: p. 107-125.
24. Terjung R. L. CPEER,eaMSSE371. The physiological and health effect of oral creatine supplementation. 2000: p. 706-716.
25. Andre L. P. aJSAJ,ea. A review of creatine supplementation: side effects and improvements in athletic performance. *Nutr. Clin. Care.* 1999: p. 78-81.
26. Medicine ACoS. Round Table, the physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med. Sci. Sports Exc.* 2000: p. 706-717.
27. Greenhalf PL. Creatine and Its application as an ergogenic aid.. *Int J. Sports Nutr.* 1995: p. 100-110.
28. Rawson ES&VJS. Effects of creatine Supplementation and Resistance Training on Muscle Strength and Weightlifting Performance. *J. Strength Cond. Res.* 2003: p. 822-831.
29. Persky A&BGA. Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. *Pharmacological Reviews.* 2001: p. 161-176.
30. Smith S. A. MSJ,MRP,ea. Creatine supplementation anda ge influence on muscle metabolism during exercise.. *J. Appl. Physiol.* 1998: p. 1349-1356.
31. Berman S. Venembre P SCEa. Effect of creatine monohydrate ingestión in sedentary and weight-trained older adult.. *Acta Physiol Scand.* 1999: p. 71-75.
32. al Ce. Creatine supplementation with specific view to exersice. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2012.
33. Burke DG,CPD,PGC,ADG,MD&TM. Effect of creatine and Weight Training on Muscle Creatina and performance in Vegetarians. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2003: p. 946-1045.
34. Walzel B,SO,BE,KS,CS,CK,MJP,REA&WT. New creatine transporter assay and identification of distintict creatine transporter isoforms in muscle. *Am J. Endocrionol Metab.* 2002: p. 390-401.
35. Kirskey B,SMH,WBJ,JRL,SM,HGG,WFE&PC(Teo6Wocmsopmabcictaf. The effects of 6 Weeks of creatine monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiate track and field athletes. *J. Strength Cond. Res.* 1999: p. 148-156.
36. Syrotuik D&BGJ. Acute creatine monohydrate supplementation: A descriptive physiological profile of responders vs nonresonders. *J. Strength Cond. Res.* 2004: p. 610-617.

37. Cribb PJ&HA. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006: p. 918-925.
38. R. HS. Metodología de la investigación. 6th ed. México: Mc Graw Hill; 2014.
39. Garrido RP. Valoración antropométrica de la composición corporal España : Universidad de Alicante; 2009.
40. Brzycki M. Predicting a one rep max from reps to fatigue. *JOPERD*. 1993: p. 88-90.
41. López Chicharro J,SD. El corredor en el gimnasio: fuerza muscular y potencia. En *Fisiología y fitness para corredores populares España*: Prowellnes; 2014.
42. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise.. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2001: p. 127-141.
43. González Badillo JJ. Halterofilia. Madrid: F.E.H. y C.O.E.; 1991.
44. Sale D. Neural adaptation to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1988: p. 135-145.

## Anexo 1

### Consentimiento informado para participar en proyecto de investigación en fisioterapia.

León, Guanajuato a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

**Título del proyecto:** La relación entre creatina y un programa de hipertrofia muscular aplicado por un fisioterapeuta deportivo en un equipo universitario de basquetbol femenino.

**Investigador:** José Aarón Dávalos Ramírez.

**Sede donde se realizará el estudio:** Clínica de Fisioterapia de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León de la UNAM.

**Nombre de la participante:** \_\_\_\_\_

A usted se le invita a ser parte de un programa de investigación fisioterapéutica. Para decidir si desea o no participar debe conocer cada uno de los aspectos a tratar y ser libre de preguntar cualquier duda que le surja. Una vez que haya comprendido y si usted desea participar, se le pedirá que firme este documento.

La finalidad de este estudio de investigación es utilizar creatina para producir fuerza e hipertrofia muscular.

#### 1. Objetivo del estudio:

Este estudio tiene como objetivo producir mejoras en la fuerza y aumentar el volumen muscular de los sujetos que en éste participen; con el fin de cimentar bases teóricas y resultados que permitan utilizar la creatina en pacientes de fisioterapia. Para obtener un beneficio mayor en un lapso más corto de tiempo al que se tiene con la terapia convencional.

#### 2. Beneficios del estudio.

Este estudio pretende beneficiar a los participantes a través del aumento de la fuerza e hipertrofia muscular con los cuales se verán favorecidos tanto como en su aspecto físico y la mayor capacidad para realizar trabajos de fuerza durante más tiempo que el actual. Y así mismo conocerán más a cerca los beneficios que brinda la creatina.

### **3. Procedimiento del estudio.**

Para llevar a cabo el estudio se realizarán dos valoraciones, una inicial y una final, y se llevará a cabo un protocolo de ejercicio que constará de dos sesiones de entrenamiento por semana, todo esto durante un lapso de 30 días.

El estudio comenzará con la recopilación de datos y la primera valoración la cual constará de la medición de perímetros de muslos. Seguido de un calentamiento breve y la realización de las pruebas para determinar el 1RM de cuádriceps e isquiotibiales de cada participante. El mismo procedimiento será realizado en la última valoración para ver la diferencia en perímetro y fuerza muscular.

Durante las sesiones de entrenamiento se realizará 1 ejercicio de 8 a 12 series y de 6 a 12 repeticiones para cuádriceps o isquiotibiales. Siendo el día martes trabajo de cuádriceps y el día viernes trabajo de isquiotibiales.

### **4. Riesgo asociado con el estudio.**

En la literatura encontrada no se menciona riesgo alguno si se respetan las dosis estipuladas y el volumen de entrenamiento sea adecuado a cada participante del estudio. Con la mínima excepción de dolor muscular tardío a consecuencia del ejercicio de manera transitoria.

### **Aclaraciones.**

- La participación en la investigación es totalmente voluntaria.
- Si acepta participar puede decir dejar el tratamiento en cualquier momento.
- Los gastos son cubiertos por el investigador por lo que el protocolo es totalmente gratuito.
- No recibirá ningún beneficio económico por participar.
- Toda la información recolectada será con fines académicos y la información de los participantes es de carácter confidencial.

### **5. Carta de consentimiento informado.**

Yo \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido resueltas de manera satisfactoria.

He sido informado y he entendido que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines meramente científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación de manera voluntaria.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del participante.

\_\_\_\_\_  
Fecha.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del Investigador.

\_\_\_\_\_  
Fecha.

He explicado a \_\_\_\_\_ la naturaleza y los propósitos de investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

## Anexo 2

### Recolección de datos inicial.

#### Proyecto de investigación:

**“La relación entre creatina y un programa de hipertrofia muscular aplicado en un equipo universitario de basquetbol femenino desde la perspectiva en fisioterapia deportiva.”**

León, Guanajuato a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2017

Nombre: \_\_\_\_\_ . Edad: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_.

Ocupación: \_\_\_\_\_.

Peso: \_\_\_\_\_ kg. Talla: \_\_\_\_\_ cm. F.C. \_\_\_\_\_ F.R. \_\_\_\_\_ T.A. \_\_\_\_\_ mmHg.

#### ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS

Tabaquismo: SI/NO

Alcoholismo: SI/NO

Farmacodependencia: \_\_\_\_\_

¿Realiza actividad física? SI/NO

Sí realiza actividad física.

- ¿Qué actividad física realiza? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántos días por semana realiza actividad física? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas horas por semana realiza actividad física? \_\_\_\_\_

¿Actualmente sufre de alguna lesión ortopédica de miembros inferiores u otro segmento corporal que le impida realizar entrenamientos de fuerza? SI/NO



## Perimetría.

MUSLO	IZQUIERDO.		DERECHO.	
VALORACION.	INICIAL	FINAL.	INICIAL.	FINAL.
MEDICION.	CM.	CM.	CM.	CM.

## Valoración del 1RM según Brzycki.

$$1RM = (\text{Peso levantado} \times 100) / K$$

$$K = 102.78 - (2.78 \times \text{Repeticiones}).$$

### CUADRICEPS.

$$K = 102.78 - (2.78 \times \underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_i = (\underline{\hspace{2cm}} \times 100) / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_i = \underline{\hspace{2cm}}$$

### ISQUIOTIBIALES

$$K = 102.78 - (2.78 \times \underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_i = (\underline{\hspace{2cm}} \times 100) / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_i = \underline{\hspace{2cm}}$$

## Valoración de la Fuerza.

1RM	CUADRICEPS.	LBS.
INICIAL.	ISQUIOTIBIALES.	LBS.

### Anexo 3

#### Recolección de datos final.

#### Proyecto de investigación:

**“La relación entre creatina y un programa de hipertrofia muscular aplicado en un equipo universitario de basquetbol femenino desde la perspectiva en fisioterapia deportiva.”**

León, Guanajuato a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2017

Nombre: \_\_\_\_\_ . Edad: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ kg. Talla: \_\_\_\_\_ cm. F.C. \_\_\_\_\_ F.R. \_\_\_\_\_ T.A. \_\_\_\_\_ mmHg.

#### Perimetría.

MUSLO	IZQUIERDO.	DERECHO.
MEDICION.	CM.	CM.

#### Valoración del 1RM según Brzycki.

$$1RM = (\text{Peso levantado} \times 100) / K$$

$$K = 102.78 - (2.78 \times \text{Repeticiones}).$$

CUADRICEPS.

$$K = 102.78 - (2.78 \times \text{Repeticiones}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_F = (\text{Peso levantado} \times 100) / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

ISQUIOTIBIALES.

$$K=102.78-(2.78 \times \underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_F = (\underline{\hspace{2cm}} \times 100) / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$1RM_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

### Valoración de la fuerza.

1RM	CUADRICEPS.	LBS.
FINAL.	ISQUIOTIBIALES.	LBS.

## Anexo 4

Nombre:

Sesión de entrenamiento n°:

Grupo muscular:

Ejercicio:

1RM<sub>I</sub>:

Porcentaje de 1RM de la sesión:

SERIE	REPETICIONES	CARGA	VOLUMEN PARCIAL
1		LBS	LBS
2		LBS	LBS
3		LBS	LBS
4		LBS	LBS
5		LBS	LBS
6		LBS	LBS
7		LBS	LBS
8		LBS	LBS
9		LBS	LBS
10		LBS	LBS
11		LBS	LBS
12		LBS	LBS

### VOLUMEN TOTAL:

Porcentaje del 1RM a trabajar.

60%IRM: \_\_\_\_\_ X0.6: \_\_\_\_\_.

%1RM a trabajar: \_\_\_\_\_ x60/ \_\_\_\_\_.

Porcentaje del 1RM a trabajar: \_\_\_\_\_