



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD
LEÓN**

TEMA:

**APLIACIÓN PRÁCTICA DEL ENTRENAMIENTO OCLUSIVO
COMO MÉTODO ALTERNATIVO PARA PRODUCIR
HIPERTROFIA Y SU POTENCIAL USO TERAPÉUTICO EN
PACIENTES DE FISIOTERAPIA**

**FORMA DE TITULACIÓN: ACTIVIDAD DE
INVESTIGACION**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN FISIOTERAPIA

P R E S E N T A:

ANGEL SÁNCHEZ FIGUEROA

TUTOR:

DR. MAURICIO ALBERTO RAVELO IZQUIERDO

ASESOR:

LIC. CARLA PAULINA VILLANUEVA MELENDEZ

LEÓN, GUANAJUATO

2016





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 Universidad Nacional Autónoma de México y al Dr. José Narro Robles.

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León y su director, el Mtro. Javier de la Fuente Hernández.

Agradecimiento especial al programa de becas "Manutención-U.N.A.M." (PRONABES)

Dedicatoria

Este trabajo, fruto de cerca de 20 años de formación escolar, está dedicado principalmente a mis padres: el Sr. Angel Sánchez Olea quien siempre ha procurado proveer a su familia con cuanto ha estado en sus manos de manera férrea e incansable y con una fuerte convicción del deber; la Sra. Ma. Del Carmen Figueroa, una madre amorosa cuya bondad, y paciencia han forjado una familia que me permitió crecer y desarrollarme hasta llegar a ser quien soy hoy día. Las palabras nunca serán suficientes para expresar el amor y la gratitud que tengo por ustedes, simplemente los amo.

A mis hermanos: Omar, Brenda e Itzel, quienes a lo largo de mi vida han sido una guía, cada uno a su manera, con sus virtudes y defectos personales; por ser un ejemplo de vida, enseñarme incluso desde antes de dar mis primeros pasos y contribuir a formar en mi un carácter, reflejo de la personalidad cada uno de ustedes.

Al Dr. Mauricio Ravelo, por ser un maestro, no solo de carrera, sino de la vida misma; por impulsarme a crecer y desarrollarme intelectual, profesional y personalmente, por ser un apoyo, un amigo y un mentor. Sin usted no sería lo mismo.

A mis amigos: Arelibeth, Pablo, Ramírez, Lorena, Diana, Alejandra y Nancy; a mis profesores, compañeros, colegas y todos aquellos quienes compartieron sus ideas y formas de pensar conmigo, por ayudarme a construir un pensamiento crítico, por ofrecerme puntos de vista diferentes y ampliar mi manera de pensar; siempre tendrán un lugar especial en mí.

A Sara, quien me alentó de manera realmente considerable a concentrar mis esfuerzos en la redacción de este documento; porque sin su presión, apoyo, comprensión y motivación este trabajo probablemente seguiría inconcluso: Gracias Totales.

“El Hogar Está Donde Está el Corazón”

Índice

Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
Índice	III
Resumen	1
Introducción	2
Capítulo 1 Antecedentes	4
1.1 Marco Teórico	4
1.2 Fundamentos Teóricos del Entrenamiento de la Fuerza	5
1.3 Revisión de la Literatura	9
1.3.1 Métodos de Fisioterapia Clásica para el Entrenamiento de la Fuerza.	9
1.3.2 Metodología Clásica para el Entrenamiento de la Fuerza.	12
1.4 Estado Actual del Conocimiento	13
1.5 Historia de la Técnica	13
1.6 Estudios Publicados	14
1.7 Fisiología del Entrenamiento Oclusivo	16
1.8 Aplicación Práctica	19
1.9 Potencial Uso Terapéutico	20
1.10 Aspectos de Seguridad para la Aplicación del Entrenamiento Oclusivo	21
Capítulo 2 Planteamiento del Problema	23
2.1 Planteamiento del Problema	23
2.2 Justificación del Estudio	24
2.3 Objetivos del Estudio	25
2.4 Limites Espacio – Temporales	25
Capítulo 3 Metodología	26
3.1 Metodología de la Investigación	26
3.2 Enfoque de la Investigación	26
3.3 Alcance de la Investigación	27
3.4 Diseño de Estudio	27
3.5 Variables a Estudiar	29
3.6 Muestra Poblacional	29

3.6.1 Criterios de Inclusión _____	30
3.6.2 Criterios de Exclusión _____	30
3.6.3 Criterios de Eliminación _____	30
3.7 Procedimiento _____	31
3.7.1 Protocolo de Ejercicio _____	31
3.7.2 Restricción del Flujo Sanguíneo _____	31
3.7.3 Proceso de Medición _____	32
3.8 Instrumentos para la Recolección de Datos _____	34
Capítulo 4 Resultados _____	35
4.1 Perimetría en Reposo _____	36
4.2 Circunferencia Máxima _____	37
4.3 Repetición Máxima de Bíceps _____	39
4.4 Repetición Máxima de Tríceps _____	40
4.5 Volumen de Bíceps _____	41
4.6 Volumen de Tríceps _____	44
Capítulo 5 Discusión _____	47
5.1 Fuerza _____	47
5.2 Hipertrofia _____	47
Capítulo 6 Conclusiones _____	49
6.1 Limitaciones y Sugerencias del Estudio _____	49
Referencias Bibliográficas _____	50
Anexos _____	54
Anexo 1: Consentimiento Informado _____	54
Anexo 2: Formato de recolección de datos _____	57
Anexo 3: Cronograma de Actividades _____	58
Anexo 4: Calendario de Actividades del Protocolo de Investigación _____	59

Resumen

INTRODUCCIÓN: Es conocido que el ejercicio es capaz de producir adaptaciones que mejoran el desempeño físico de las personas. Este tipo de adaptaciones han sido estudiadas y aprovechadas para utilizar el ejercicio con fines terapéuticos. Se conoce que la mayoría de los pacientes que acuden a fisioterapia presentan limitaciones funcionales que afectan su capacidad para generar fuerza y, por lo tanto, movimiento. Por esto el ejercicio es una herramienta básica del fisioterapeuta. Entre los métodos de entrenamiento existentes en la actualidad destaca el Entrenamiento Oclusivo debido a su enorme potencial de aplicación con fines terapéuticos.

OBJETIVO: Explorar las bases teóricas y prácticas del Entrenamiento Oclusivo en su Aplicación Práctica, para crear un antecedente que permita su futura aplicación en pacientes de fisioterapia.

METODOLOGIA: 13 sujetos realizaron un protocolo de ejercicio en condiciones de restricción de flujo sanguíneo con un peso de entre el 20% y el 30% de la 1RM. Se realizaron mediciones perimétricas y de fuerza máxima al comienzo y al final de la intervención y de volumen sesión con sesión.

RESULTADOS: La medición perimétrica incrementó en el 65% y 69%, se mantuvo en el 31% y 19% y disminuyó en el 4% y 12% de los casos al medir en reposo y en circunferencia máxima respectivamente. La 1RM de bíceps disminuyó en el 84%, mejoró en el 8% y se mantuvo igual en el 8% de los sujetos participantes, mientras que para el tríceps incrementó en el 92% y permaneció igual en el 8%. La fuerza resistencia mejoró en la mayoría de los sujetos para bíceps y tríceps.

CONCLUSIONES: El Entrenamiento Oclusivo, en su Aplicación Práctica, resultó ser efectivo para producir incrementos en la circunferencia de los miembros superiores; mejorar la fuerza máxima de tríceps, aunque no así de bíceps, y mejorar fuerza resistencia de bíceps y tríceps.

PALABRAS CLAVE: KAATSU, Entrenamiento Oclusivo, Hipertrofia Muscular, Fuerza Máxima, Resistencia Muscular.

Introducción

El ejercicio es un estímulo que, al realizarse con una adecuada dosificación, genera adaptaciones en el cuerpo que tienen como propósito desarrollar, mejorar, reestablecer o mantener la fuerza, resistencia física, capacidad cardiovascular, movilidad, flexibilidad, estabilidad, la coordinación y el equilibrio. Cuando el ejercicio es utilizado con fines terapéuticos se busca generar este tipo de adaptaciones en personas que han visto mermada alguna o varias de estas capacidades físicas como consecuencia de un proceso patológico.

Se sabe que los pacientes que acuden a servicios de terapia física presentan, en su gran mayoría, limitaciones funcionales, anomalías biomecánicas, alteraciones en la coordinación neuromuscular o alguna clase de patología que tiene repercusión directa o indirecta en la capacidad de producción de fuerza en alguna de sus múltiples variantes; por ello es imperativo que un programa de rehabilitación óptimo contemple el desarrollo de la fuerza.

La aplicación del entrenamiento de fuerza a través del uso de las pesas con fines terapéuticos comenzó a ser explotada en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial esto como consecuencia de la gran cantidad de veteranos que presentaban algún grado de discapacidad física³; y desde aquellos días el ejercicio terapéutico ha pasado a formar una parte cada vez más relevante del proceso de rehabilitación.

Dentro de las herramientas con las que cuenta la fisioterapia tradicional existen diferentes metodologías para la aplicación del ejercicio físico de tal manera que su uso resulte beneficioso para minimizar, contrarrestar o retrasar procesos patológicos sufridos por pacientes que requieren atención sanitaria en lo respectivo al sistema neuro-músculo-esquelético.

La Fisioterapia, al igual que otras ciencias, ha presentado un proceso continuo de evolución a través del tiempo, y en la actualidad, especialmente la fisioterapia deportiva, se ha decantado progresivamente hacia el entrenamiento funcional, que es aquel que asemeja el entrenamiento a las actividades desarrolladas durante la práctica cotidiana del paciente, deportista o no, lo que permite una mejor readaptación del individuo a su actividad normal.

Es por esto que cada vez toma más fuerza e importancia la necesidad de un adecuado programa de ejercicio específico que logre satisfacer las demandas a las que se enfrenta durante su vida diaria el sujeto que se encuentra en tratamiento.

Dentro del amplio mar de posibilidades que existen para propiciar el desarrollo de la fuerza destaca una técnica, el Entrenamiento KAASTU, también llamado Entrenamiento Oclusivo o Entrenamiento con Restricción de Flujo Sanguíneo, que, como ha sido posible demostrar, es capaz de generar adaptaciones similares a las que son conseguidas realizando entrenamientos de alta intensidad, pero utilizando cargas extremadamente bajas. Esto representa un enorme potencial de uso terapéutico para dar tratamiento a pacientes de fisioterapia.

Actualmente existe escasa información publicada con respecto a este tipo de entrenamiento y su aplicación en personas que cursan con procesos patológicos o sus secuelas, lo cual es un incentivo para realizar investigación clínica y científica que permita aportar nueva información.

Capítulo 1 Antecedentes

1.1 Marco Teórico

Se define, según Hall¹, como Hipertrofia al aumento de la masa total de un músculo; es un proceso que resulta de la acumulación de proteínas, debido principalmente a tres factores mencionados por López²:

- a) Un aumento en su síntesis.
- b) La reducción de la degradación de las mismas o;
- c) Una combinación de ambas circunstancias.

La hipertrofia puede ser de dos tipos básicamente: temporal o crónica³ y, como refiere Kisner⁴, comúnmente se manifiesta acompañado del incremento de la fuerza en alguna de sus variantes, como son: la fuerza máxima, la fuerza resistencia, la potencia, la velocidad, entre otras.

La *Fuerza Máxima*, que es uno de los principales aspectos a ser considerados en el entrenamiento de la fuerza, es el peso máximo que un individuo puede levantar una sola vez; comúnmente se expresa también como Repetición Máxima² (*1RM*). Para el entrenamiento de fuerza tradicional es necesario dosificar la *intensidad*, que se refiere a la carga utilizada comparada con la que puede ser empleada en un esfuerzo máximo⁵, por lo que está dada en porcentajes de la 1RM (%1RM).

Se entiende por *Resistencia Muscular* o *Fuerza Resistencia* a la capacidad para ejecutar la mayor cantidad posible de repeticiones de un movimiento contra una oposición dada y durante un periodo de tiempo prolongado⁶, o como la capacidad para mantener acciones musculares repetidas o estáticas durante un tiempo determinado².

En cuestiones de entrenamiento de fuerza, la resistencia muscular, está relacionada directamente con el *Volumen de Entrenamiento*, que es una medida de la cantidad total de ejercicio que se lleva a cabo y que puede expresarse en función del número de repeticiones, kilogramos totales desplazados, o la duración de la sesión de entrenamiento³.

Es fundamental que estos aspectos y definiciones mencionados sean comprendidos para hacer posible la descripción y prescripción del entrenamiento de fuerza y del uso del ejercicio cuando se busca su aplicación con fines terapéuticos.

1.2 Fundamentos Teóricos del Entrenamiento de la Fuerza

El entrenamiento de la fuerza muscular mediante el uso de las pesas comenzó a ser utilizado con fines de terapéuticos en el año de 1945 por Thomas L. Delorme, en programas de rehabilitación física para veteranos de la Segunda Guerra Mundial³ y desde entonces han sido muchos los investigadores que se han dedicado a describir los procesos que desencadena y por los cuales se producen todas y cada una de las adaptaciones que genera.

Existen diferentes factores que pueden explicar, fisiológicamente, cuales son los cambios que ocurren para que se presenten este tipo de adaptaciones en la producción de la fuerza y su relación con los cambios estructurales que sufre la fibra muscular; a continuación, se describen brevemente algunos de ellos divididos en 3 grupos:

- 1) **Factores Nerviosos²**: dentro de la enorme participación que tiene el control del sistema nervioso sobre la producción de fuerza destacan tres aspectos:
 - a) **La Movilización de Unidades Motoras**: Comúnmente, durante la contracción muscular las unidades motoras se activan de manera asincrónica. Las ganancias en fuerza obtenidas a través del ejercicio, pueden ser el resultado de la activación sincrónica de una mayor cantidad de unidades motoras, lo que incrementaría potencialmente la capacidad del músculo para generar fuerza. El aumento de fuerza podría deberse también a que simplemente son activadas una mayor cantidad de unidades motoras, independientemente de su actuación sincrónica o asincrónica.
 - b) **La Inhibición Auto-génica**: Existen mecanismos inhibitorios del sistema neuromuscular, un ejemplo de estos son los órganos tendinosos de Golgi, quienes cumplen una función protectora al impedir que los músculos ejerzan una fuerza mayor a la que los huesos y el tejido conectivo puede tolerar; una vez que la tensión sobre estos

sobrepasa el umbral regulado por el órgano tendinoso de Golgi, las neuronas motoras de este músculo son inhibidas para evitar lesiones.

El entrenamiento de fuerza es capaz de aumentar el umbral de activación de estos mecanismos inhibitorios lo cual resulta en la posibilidad de una mayor producción de fuerza. Esta teoría en particular podría ser capaz de explicar las ganancias de fuerza en las que existe ausencia de hipertrofia.

- c) **La Co-Activación:** Se denomina co-activación a la coordinación que existe entre los músculos agonistas, sinergistas y antagonistas que hacen posible el movimiento. Cuando un músculo agonista se contrae es necesario que la musculatura antagonista se relaje, esto con el fin de producir el movimiento, que sería imposible si ambos se contraen simultáneamente con la misma fuerza. El entrenamiento de fuerza vuelve más eficiente esta coordinación, lo que podría causar el aumento de la fuerza, aunque en una pequeña porción.

2) Factores Bioquímicos²:

- a) **Aumento del Sarcoplasma:** El sarcoplasma es una sustancia que llena los espacios existentes entre las miofibrillas, este contiene principalmente proteínas, minerales, glucógeno y algunas grasas disueltas; se destaca por su gran contenido de depósitos de glucógeno y mioglobina, indispensables para que se lleve a cabo la contracción muscular. El entrenamiento de fuerza es capaz de hacer que estos depósitos aumenten de manera considerable, lo que puede explicar parcialmente el incremento en el volumen muscular.
- b) **Metabolismo Celular:** Aunque se desconoce la totalidad de los mecanismos responsables de las mejorías en la fuerza y la resistencia muscular, se conocen algunos de los cambios metabólicos y morfológicos que ocurren con el ejercicio. Se sabe que el entrenamiento aeróbico, mejora el flujo de sangre central y periférico, además de que aumenta la capacidad que tienen las fibras musculares para almacenar mayores cantidades de ATP. Mientras que el entrenamiento anaeróbico es capaz de generar una

mayor tolerancia a los desequilibrios ácido-básicos que se generan durante los esfuerzos de alta intensidad.

c) **Segregación Hormonal:** Durante la realización de ejercicio ocurren una gran cantidad de reacciones hormonales dentro del cuerpo, entre las cuales destacan algunas por su influencia directa en el aumento de masa muscular y por lo tanto en la producción de fuerza, como son:

- **Hormona de crecimiento:** La hormona de crecimiento facilita el desarrollo, maduración y proliferación de los tejidos presentes en el cuerpo al aumentar y reducir la síntesis de proteínas; incrementa la movilización de grasas y su utilización como fuente de energía, además de reducir el ritmo con el que se utilizan los hidratos de carbono para satisfacer las demandas energéticas corporales durante el ejercicio o incrementar la retención de nitrógeno, sodio, potasio y fósforo.
- **Adrenalina:** Esta hormona facilita la movilización del glucógeno para su uso; incrementa el flujo sanguíneo hacia los músculos estriados, aumenta el ritmo y la contractilidad del músculo cardíaco e incrementa el consumo de oxígeno.
- **Noradrenalina:** Provoca el incremento de la tensión arterial al causar que las arteriolas y las vénulas se contraigan.
- **Testosterona:** Esta hormona es una de las principales causantes del incremento en los volúmenes musculares, ya que favorece el crecimiento del tejido muscular además de facilitar el desarrollo de las características sexuales masculinas, por lo que se sabe que los hombres experimentan incrementos significativamente mayores en tamaño y fuerza muscular que las mujeres aun realizando el mismo entrenamiento resistido con la misma intensidad y volumen.

3) **Factores Estructurales:**

a) **Hipertrofia³:** Como se mencionó anteriormente, la hipertrofia puede ser de dos tipos, temporal o crónica. Es importante hacer esta distinción debido a que ambos tipos tienen causas y características diferentes.

- La hipertrofia temporal: tal como su nombre lo indica tiene un periodo muy corto de duración de apenas algunas cuantas horas y resulta de realizar una única serie de ejercicios o al concluir una sesión de entrenamiento. Se debe principalmente a los fluidos edematosos que pierde el plasma sanguíneo y que terminan por acumularse en espacios intersticiales e intracelulares del tejido muscular, hasta que son reabsorbidos por el organismo y vuelven a la sangre.
 - La hipertrofia crónica: hace referencia al incremento del tamaño de la fibra muscular, que es el resultado del entrenamiento resistido a largo plazo y que por lo tanto tiene un periodo de duración más prolongado, ya que este es causado por la acumulación de proteínas y otros componentes estructurales del tejido muscular.
- b) **Hiperplasia**³: Mientras que el término hipertrofia hace referencia al aumento en el tamaño de las fibras musculares, la hiperplasia hace referencia al incremento de la cantidad de fibras que componen a un músculo. Los mecanismos que producen la hiperplasia aún no se encuentran descritos por completo, pero se ha demostrado que sucede y que el componente excéntrico del entrenamiento de fuerza juega un papel crucial en este proceso.
- c) **Tipos de fibra**⁶: se conoce que las fibras musculares pueden ser clasificadas a grandes rasgos en dos grupos: Las fibras de contracción lenta y las fibras de contracción rápida. Ambos tipos de fibra pueden ser encontrados dentro de un mismo músculo, aunque la proporción de uno u otro tipo varía dependiendo de diversos factores, como pueden ser: el músculo y su función, la actividad que realiza el individuo, la predisposición genética hacia uno u otro tipo de fibras, entre otros.

Las fibras musculares de contracción lenta presentan una gran resistencia aeróbica por lo que tienen un mejor desempeño cuando son exigidas en pruebas de baja intensidad y larga duración. Mientras que las fibras de contracción rápida están mejor adaptadas para el trabajo anaeróbico, generan más fuerza que las fibras lentas, pero se fatigan con mayor velocidad, además de que son exigidas a una intensidad mucho mayor.

Se conoce que las fibras de contracción rápida incrementan en mayor proporción su tamaño en comparación con las fibras de contracción lenta cuando son sometidas a entrenamiento. Por lo que también se ha demostrado que los sujetos que cuentan con mayores proporciones de fibras rápidas presentan mayores incrementos en el área de sección transversal de los músculos cuando llevan a cabo programas de entrenamiento.

Además de estos factores mencionados existe aún el debate sobre la importancia que juega el daño muscular de origen mecánico que se produce al realizar ejercicio como estímulo para el desarrollo de la masa muscular y el aumento de fuerza comúnmente asociado³.

1.3 Revisión de la Literatura

Al revisar y analizar la literatura publicada relacionada con el entrenamiento de fuerza, aplicado con fines terapéuticos o de entrenamiento, podemos encontrar una gran cantidad de metodologías diferentes, aunque muchas de ellas presentan características semejantes. A continuación, se describen diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza con sus características, tanto de aplicación terapéutica como de aplicación deportiva.

1.3.1 Métodos de Fisioterapia Clásica para el Entrenamiento de la Fuerza.

Luís Bernal Ruíz⁷ realizó una descripción de algunas de las principales técnicas clásicas que son utilizadas en fisioterapia para el desarrollo de fuerza, hipertrofia o ambas de manera simultánea. Para tal efecto dividió estos métodos en 4 grupos:

- 1) **Métodos Estáticos:** También se conocen como técnicas isométricas. La contracción muscular se da con el mínimo o en ausencia total de desplazamiento articular. A continuación, se describen brevemente tres claros exponentes de esta forma de trabajo.
 - **Método de Vön Niederhoffer:** Esta técnica utiliza contracciones isométricas de larga duración, cada una de ellas de al menos 12 segundos. Debido a estas contracciones prolongadas la fatiga se presenta con relativa rapidez.
 - **Método de Hettinguer y Müller:** Estos investigadores afirman que el ejercicio isométrico permite aumentar la fuerza de manera más rápida. Su técnica consiste

en realizar entre 3 y 5 contracciones isométricas breves, de 6 segundos de duración, utilizando entre el 50% y el 80% de la Resistencia Máxima Isométrica, que es la mayor carga que se puede sostener con una contracción isométrica de 6 segundos.

- **Método de Troisier:** Este método primero calcula la Fuerza Máxima Total (FMT) que un paciente puede mantener durante un tiempo próximo a cero. A partir de esto indica hacer 50 repeticiones de ejercicio isométrico de 6 segundos de duración cada una con el 50% de la FMT cada 48 horas e intercalando 5 minutos de trabajo y 5 minutos de reposo.

2) **Métodos Dinámicos:** Estas técnicas emplean contracciones musculares isotónicas, es decir, en las que los extremos musculares se acercan (contracciones concéntricas) o se alejan (contracciones excéntricas). Algunos de los principales exponentes de estas técnicas de fortalecimiento son:

- **Técnica de Delorme y Watkins:** Esta técnica comienza con el cálculo de la Repetición Máxima (RM) y a partir de esta del 10RM, que es el peso máximo que puede ser desplazado en 10 repeticiones y no más. Estos autores indican realizar 3 series de 10 repeticiones con cargas crecientes del 50%, 75% y 100% del 10RM con un descanso de un minuto entre serie y serie.
- **Técnica de Dotte:** El método de Dotte consiste en realizar 3 series de 10 repeticiones con cargas crecientes; cada repetición con 1 segundo de duración para la fase concéntrica, medio segundo para la fase isométrica, 1 segundo y medio para la fase excéntrica, reposando 3 segundos entre cada repetición, y 1 minuto entre cada serie.
- **Técnica de Rocher:** Este investigador propone calcular la RM con ayuda de un dinamómetro. Trabaja con un calentamiento consistente de 20 repeticiones con el 33% o el 50% de la RM; posteriormente realiza 10 repeticiones con el 75% de la RM.
- **Técnica de MacGovern y Luscombe:** Este método parte del cálculo de la 10RM. Consiste en ejecutar 3 series de 10 repeticiones, la primera serie con el 10RM y las

siguientes dos utilizando $\frac{3}{4}$ del 10RM. Descansando entre cada serie por un lapso de 5 minutos.

- **Oxford Technic de Zinovieff:** Esta técnica también parte del cálculo del 10RM. En este método se realizan 10 series de 10 repeticiones cada una, la primera de ellas con el 10RM, la segunda serie con el 90% del 10RM, la tercera con el 80% del 10RM; decreciendo en 10% la carga con cada serie hasta llegar a la décima serie con carga del 10% de la 10RM.

3) **Métodos Mixtos:** Los métodos de fortalecimiento mixtos buscan explotar las ventajas que presentan ambos tipos de trabajo muscular, tanto isométrico como isotónico, empleando ambos tipos de contracción dentro de un mismo ciclo de entrenamiento. Existe un claro exponente de este tipo de técnicas:

- **Técnica de Clause:** esta técnica comienza con un calentamiento consistente en 3 series de 10 repeticiones isotónicas con $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$ y $\frac{4}{5}$ de la RM respectivamente. Posteriormente se emplean $\frac{9}{10}$ de la RM para realizar de manera alternada una contracción isométrica de 6 segundos con pausa de 6 segundos, 6 contracciones isotónicas con tiempo de trabajo de 25 segundos y 6 de descanso; repitiendo una ocasión para luego concluir con una contracción isométrica de 6 segundos con 6 segundos de descanso.

4) **Métodos Isocinéticos:** Este tipo de técnicas son aplicables únicamente a través de equipos especializados. Estos gradúan la velocidad y la amplitud en la que se ejecuta un determinado movimiento, además de regular la resistencia a vencer haciéndola más grande mientras menor es la velocidad de ejecución y siendo más pequeña mientras la velocidad aumenta, lo que permite someter a la máxima tensión posible al músculo entrenado durante todo el rango de movimiento.

Cabe resaltar que estas son solo algunas de las técnicas empleadas en la fisioterapia tradicional para lograr mejorías en la fuerza y la condición muscular.

1.3.2 Metodología Clásica para el Entrenamiento de la Fuerza.

Existen algunos principios básicos del entrenamiento de la fuerza que deben ser tomados en cuenta para la creación de un programa de entrenamiento efectivo, estos pueden modificarse dependiendo de la variante de fuerza que se busca desarrollar. Algunos de estos principios han sido descritos por López² y se mencionan a continuación:

Los programas clásicos de entrenamiento para producir hipertrofia emplean cargas que van desde moderadas hasta altas, con altos volúmenes totales de entrenamiento, debido a que este tipo de entrenamiento han demostrado ser capaces de producir incrementos considerables en las concentraciones de testosterona y de hormona del crecimiento, cosa que no sucede al emplear intensidades altas, volúmenes bajos y largos periodos de recuperación (de más de tres minutos).

Se sabe que para el desarrollo de la fuerza máxima de un individuo es más eficiente el empleo de cargas elevadas, realizando pocas repeticiones, es decir, trabajar desde 4 hasta 10 Repeticiones Máximas (4-10RM); Mientras que, si se busca desarrollar o mejorar la resistencia muscular, o fuerza resistencia, resulta más conveniente reducir la resistencia e incrementar el número de repeticiones, trabajando desde 12RM hasta 20RM.

Se recomienda que, para el entrenamiento de fuerza en la población adulta sana y/o cuando se realiza con fines terapéuticos, se empleen intensidades moderadas, de entre 8 y 12 RM, que para fines prácticos tendría su equivalente en porcentaje entre el 70 y el 80% de la 1RM del individuo.

Existe la creencia ampliamente extendida, especialmente dentro de la comunidad científica americana, de que para obtener mejoras de la fuerza máxima es necesario realizar repeticiones hasta alcanzar el fallo volitivo². Además de que recomiendan la realización de al menos 3 series de entre 6 y 12 repeticiones de un ejercicio, durante por lo menos tres días a la semana.

Por su parte el Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine) indica que, en condiciones normales, es necesario que se realicen entre 6 y 12 repeticiones de un ejercicio, con una intensidad de al menos el 65% de la 1RM para el desarrollo de

la hipertrofia muscular; además de que considera que cualquier intensidad menor a esta no provocará ganancias substanciales en la fuerza o en la hipertrofia muscular⁸.

1.4 Estado Actual del Conocimiento

Existe un tipo de entrenamiento cuyas características parecen desafiar muchos de los conceptos básicos del entrenamiento de fuerza convencional, terapéutico o no; este es el Entrenamiento Kaatsu, el cual es descrito a continuación.

1.5 Historia de la Técnica

El Entrenamiento “*Kaatsu*” (que significa presión en japonés), también conocido como Entrenamiento Oclusivo o Entrenamiento con Restricción de Flujo Sanguíneo (BFRT por sus siglas en inglés), es una técnica desarrollada en Japón desde la década de los años 60, inventada por Yoshiaki Sato⁹, y que tiene como propósito producir hipertrofia muscular con los beneficios que de ello se derivan.

Sato⁹ menciona que la inspiración para crear esta técnica de entrenamiento surgió un día mientras se encontraba en posición de oración durante una celebración religiosa budista, lo cual le provocó una sensación de entumecimiento en sus pantorrillas muy similar a la que había experimentado tras realizar ejercicio intenso, la cual atribuyó a la reducción de flujo sanguíneo. Esta idea lo llevó a comenzar a experimentar realizando ejercicio mientras restringía intencionadamente la circulación sanguínea de sus piernas.

Después de realizar cerca de 20 años de investigación con este método diferente de entrenamiento y tras enfrentarse a algunos percances, consiguió generar una metodología de aplicación segura y efectiva, la cual comenzó a emplear en el público en general en el año de 1983, además de desarrollar un dispositivo específico para la aplicación de este tipo de entrenamiento consistente en un brazalete con una cámara neumática.

Esta técnica de entrenamiento consiste en realizar ejercicio de resistencia a baja intensidad mientras un brazalete se encuentra sujeto a la parte más proximal del miembro superior o inferior del individuo en cuestión, el cual produce una cierta presión superficial y que tiene por finalidad restringir

el flujo sanguíneo. Su creador hace hincapié en que este tipo de entrenamiento no produce isquemia, sino que, en lugar de eso, promueve la acumulación y estancamiento transitorio de la sangre en los capilares del segmento que es sometido a esta técnica.

La diferencia entre las diversas denominaciones que recibe este tipo de entrenamiento radica básicamente en que el entrenamiento KAATSU cuenta con una patente internacional, por lo que para ser empleado es necesario contar con una certificación y con equipo especializado, lo cual ha limitado la difusión de su aplicación debido al alto costo que implica. Aunque ante esta limitante se presenta la llamada Aplicación Práctica, que consiste en realizar este tipo de entrenamiento, aunque utilizando otros medios para provocar la restricción del flujo sanguíneo, como pueden ser las bandas elásticas.^{10,11}

1.6 Estudios Publicados

Actualmente existen diferentes estudios que demuestran la efectividad que tiene el entrenamiento Kaatsu para producir adaptaciones y mejoras de la condición muscular similares a las que suceden como respuesta al entrenamiento tradicional de alta intensidad, tanto en sujetos entrenados como en individuos sin entrenamiento previo; y aunque existen algunas variaciones entre ellos, la mayoría, presentan aspectos similares entre sí.

El Entrenamiento Oclusivo típico¹⁰ consiste en ejecutar entre 3 y 5 series de tantas repeticiones como sea necesario para alcanzar el fallo volitivo en cada una, empleando intensidades que oscilan entre el 20% y el 50% de la 1RM individual y permitiendo periodos de recuperación que van desde 30 segundos hasta 1 minuto entre cada una de las series; realizando sesiones de entrenamiento entre 2 y 3 veces por semana, aunque se ha comprobado que puede ser utilizado diariamente hasta dos veces por día.

Debido a que es absolutamente necesario restringir el flujo sanguíneo para llevar a cabo este tipo de entrenamiento es utilizado únicamente en las extremidades. La mayoría de los estudios relacionados que han sido publicados se han aplicado en los miembros inferiores, aunque Takarada et al¹² han podido demostrar que también es posible obtener resultados benéficos cuando se utiliza en los miembros superiores con dosificaciones muy similares.

Es importante mencionar que Yasuda et al¹³, demostraron que este tipo de entrenamiento es capaz de tener repercusiones sobre musculatura que no se encuentra sometida a la restricción de flujo sanguíneo, lo que, según sus propias hipótesis podría deberse a compensaciones musculares o a un efecto hormonal sistémico, aunque este aspecto aun no es del todo claro.

Uno de los aspectos más relevantes del Entrenamiento Oclusivo es la capacidad que ha demostrado para generar mejoras de la condición muscular en periodos que van desde los 6 a los 8 días de entrenamiento^{9,10,14-16}. Esto toma importancia significativa, debido a que Sale¹⁷ describió de manera cronológica las adaptaciones que son producidas por el entrenamiento isotónico de alta intensidad, atribuyendo el incremento de fuerza producido durante las primeras 4 semanas de entrenamiento a adaptaciones de origen neurológico y a factores estructurales a partir de las semanas posteriores; mientras que Abe et al¹⁸ demostraron que, a diferencia de este, el entrenamiento Kaatsu fue capaz de producir incrementos en el área de sección cruzada ósea y muscular de los muslos de sujetos no entrenados a un ritmo semanal constante del 2%, alcanzando un máximo de entre 4 y 7%, y de la fuerza máxima dinámica e isométrica de entre 8 y 10% al cabo de tan solo 3 semanas.

Otra característica altamente destacable de este tipo de entrenamiento son las cargas extremadamente bajas que son requeridas para que produzca efectos positivos. Como en el estudio realizado por Abe et al.¹⁸ en el que obtuvieron aumentos en la sección muscular tras realizar un programa de entrenamiento consistente únicamente en caminar en una cinta ergométrica mientras tenían las extremidades inferiores sometidas a restricción de flujo sanguíneo; todo esto sorprendentemente sin que se fueran observados cambios en los niveles sanguíneos de marcadores de daño muscular, como los niveles de creatin-quinasa y mioglobina, ni de cortisol.

En otro estudio de Abe et al¹⁹ se demostró la eficacia del Entrenamiento Kaatsu para producir adaptaciones a corto plazo en un grupo de atletas, corredores y saltadores, tras realizar de manera adicional a su entrenamiento habitual un programa de entrenamiento oclusivo por 8 días, posteriormente a los cuales se observó un incremento del volumen muscular del 5.9% para el

cuádriceps y 4.5% para los isquiotibiales, junto con los cuales mejoró la fuerza máxima al realizar press de pierna en 9.6% y el desempeño en carrera de 30 metros.

1.7 Fisiología del Entrenamiento Oclusivo

Aunque actualmente se desconocen cuáles son los mecanismos exactos que producen toda esta serie de adaptaciones físicas como respuesta al Entrenamiento Oclusivo, existen diversas teorías que pueden explicar el porqué de su efectividad, mismas que se mencionan a continuación:

- Reclutamiento de fibras de contracción rápida.

Meyer²⁰ y Moritani et al.²¹ mencionan en sus respectivos estudios que, en condiciones normales, al realizar actividad física, las primeras fibras musculares que son reclutadas para cumplir con la tarea son las de contracción lenta y que, a medida que incrementa la intensidad de la actividad física, se van reclutando las fibras musculares de contracción rápida; pero que, al realizar ejercicio en condiciones de restricción de flujo sanguíneo, las fibras musculares de contracción rápida son reclutadas a menores intensidades.

Esto podría deberse al metabolismo principalmente aeróbico que realizan las fibras de contracción lenta, mismas que se verían fatigadas con mayor facilidad durante la ejecución del ejercicio en condiciones de restricción de flujo sanguíneo. Por lo tanto, al verse fatigado rápidamente este tipo de fibras musculares responderían en compensación de las fibras musculares de contracción lenta, aun y cuando se mantienen intensidades bajas durante la realización del ejercicio.

- Respuesta endocrina.

En el estudio realizado por Takarada et al.²² fueron medidas las concentraciones de Lactato (La), Hormona de Crecimiento (GH), Norepinefrina (NE), Peróxido Lipídico (LP), Interleukina-6 (IL-6) y Creatin Fosfoquinasa (CPK) después de realizar ejercicio de baja intensidad (20% de la 1RM) con y sin oclusión vascular encontrando que los niveles de GH, NE y La presentaron incrementos significativos en los sujetos que realizaron el ejercicio con oclusión, mientras que en los que realizaron el ejercicio a la misma intensidad y con el mismo volumen pero sin oclusión vascular estas concentraciones no cambiaron de manera significativa.

Es de suma importancia resaltar que en este estudio los niveles de *GH* incrementaron hasta 290 veces la concentración presentada durante el reposo y que la magnitud de este aumento es aun 1.7 veces mayor que la reportada por Kraemer et al²³ para el ejercicio de alta intensidad con periodos cortos de descanso, similar al que es ampliamente utilizado para ganar masa muscular. Asimismo, la cantidad de *La* presente después del ejercicio con oclusión fue dos veces más alta que en el ejercicio realizado sin oclusión; este incremento presumiblemente se deba a dos factores: la hipoxia local, lo que provoca que el metabolismo de la zona se vuelva más anaeróbico y la supresión del aclaramiento de *La* dentro del músculo entrenado.

Además, determinaron que estos efectos no estarían relacionados con daño tisular, debido a que la actividad de la *CPK* (indicador de daño muscular) y del *LP* (indicador de estrés oxidativo) no incrementaron de manera considerable, aunque sí ocurrió un ligero aumento en las concentraciones de *IL-6* (indicador de procesos inflamatorios iniciales). Algunas líneas de evidencia soportan la teoría de que la *GH* y el Factor de Crecimiento de Tipo Insulínico-1 (*IGF-1*) juegan papeles cruciales en el desarrollo y mantenimiento del músculo esquelético. Y algunos estudios²⁴⁻²⁶ han demostrado que la *GH* circulante estimula la síntesis y segregación de *IGF-1* dentro del músculo, que entonces actúa por si solo como un promotor del crecimiento muscular.²²

- Incremento en la síntesis de la Proteína de Choque Térmico 72 (*HSP-72*)

Naito et al²⁷ demostraron que el aumento en la síntesis de la *HSP-72* es inducido por estresores como el calor, los radicales libres, las condiciones de isquemia y la hipoxia, por lo que al realizar ejercicio con oclusión vascular es de esperarse que su concentración en el plasma sanguíneo incremente de manera significativa.

En este mismo estudio, es sugerido que el incremento en los volúmenes de *HSP-72* puede atenuar la atrofia muscular por desuso ya que además estas proteínas funcionan como chaperonas que evitan el plegamiento defectuoso o la agregación defectuosa de proteínas, por lo que podría desempeñar un rol crucial en el aumento de la masa muscular cuando se realiza el ejercicio con oclusión vascular.

- Reducción de la expresión del gen que codifica a Miostatina

La miostatina es un regulador negativo del desarrollo de masa muscular, es decir, que limita el crecimiento de los músculos. Se ha observado en diferentes estudios que la mutación del gen que codifica a la miostatina tiene como consecuencia el crecimiento excesivo de la musculatura en diferentes especies (ratones, ganado e incluso humanos)²⁸⁻³⁰. Se ha demostrado que el entrenamiento de la fuerza en condiciones de oclusión vascular reduce de manera significativa la expresión del gen de miostatina.³¹

Existen, además, cambios fisiológicos en otros aspectos que ocurren como consecuencia de la ejecución del entrenamiento oclusivo, todos ellos observados en diferentes estudios y que son resumidos en la tabla 1.1 elaborada por Loenneke⁸ que se presenta a continuación.

Marcador	Efecto (↔, ↓, ↑)	Referencia
Mecanismos de la Hipertrofia Muscular (Humanos)		
Lactato	↑	(10,28,34,35,38)
Hormona del Crecimiento	↑	(1,9,19,27,28,34,35,39)
Quinasa 1 Ribosomal S6 (S6K1)	↑	(9)
Norepinefrina (NE)	↑	(35)
Factor de Crecimiento tipo Insulínico 1 (IGF-1)	↑	(34)
Noradrenalina (NA)	↑	(12,19)
Proteína Muscular de Dedos de Anillo 1 (<i>Muscle-Specific Ring Finger 1</i> , MuRF1)	↑	(7)
Factor de Diferenciación Miogénica 1 (MyoD)	↑	(7)
Quinasa Inhibidora 1A Dependiente de Ciclina (p21)	↑	(7)
Factor 2 de Elongación de Traducción Eucariótica (<i>Eukaryotic Translation Elongation Factor 2</i> , eEF2)	↑	(9)
Miostatina (GDF-8)	↓	(7)
Medidas Musculares y de la Fuerza (Humanos)		
Una Repetición Máxima	↑	(1, 9, 23)
Fuerza Isométrica	↑	(1, 23, 32, 36, 39)
Fuerza Isocinética	↑	(5, 33, 36, 38, 39)
Torque Isométrico	↑	(19, 23, 32)
Torque Isocinético	↑	(34, 38, 39)
Resistencia Muscular	↑	(13, 33, 36)
Potenciación Post Activación	↑	(23)
iEMG	↑	(23, 35, 38)
Área de Sección Cruzada (CSA)	↑	(1, 19, 36, 38, 39)
Efectos de la Oclusión Crónica en Ratas		
Proteína de Choque Térmico 72 (HSP 72)	↑	(14)
Óxido Nítrico Sintasa 1 (NOS-1)	↑	(14)
Lactato	↑	(14, 15)
Área de Sección Cruzada (CSA)	↑	(14, 15)
Miostatina (GDF-8)	↓	(15)
Cambio en el Tipo de Fibras	Lentas → Rápidas	(15)
Marcadores del Daño Muscular		
Creatina Quinasa	↔	(35)
Peroxidación de Lípidos	↔	(35)
Mioglobina	↔	(1)

Tabla 1.1 Cambios Producidos por el Entrenamiento en Condiciones de Oclusión Vascular.

1.8 Aplicación Práctica

Por otro lado, se ha estudiado el Entrenamiento Oclusivo mediante lo que fue llamado como Aplicación Práctica¹⁰ que emplea el mismo principio teórico fisiológico y que ha demostrado producir resultados similares³², con la ventaja de reducir el costo de aplicación de manera considerable ya que para su aplicación pueden ser utilizadas únicamente un par de bandas elásticas.³³

Loenneke y et al^{10,11} fueron los primeros investigadores en sugerir que el uso de lo que llamaron la Restricción Práctica del Flujo Sanguíneo (pBFR, por sus siglas en inglés, Practical Blood Flow Restriction) o Aplicación Práctica, combinada con el entrenamiento de resistencia de baja

intensidad era capaz de producir mejoras en el trofismo muscular, fuerza y resistencia, similares a las conseguidas con el equipo KAATSU master. Con este propósito comenzaron a utilizar bandas elásticas, mismas que sujetaban a la parte más proximal del miembro a entrenar, logrando demostrar su efectividad para producir efectos muy parecidos.

El estudio realizado por Lowery et al³² sugiere que utilizar la aplicación práctica del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo puede ser capaz de generar hipertrofia muscular al mismo grado que el entrenamiento resistido de alta intensidad en condiciones circulatorias normales.

Sumide et al³³ confirmaron que es posible emplear esta forma de aplicación debido a que lograron demostrar que se pueden obtener resultados beneficiosos aplicando presiones tan bajas como 50 mmHg, debido a que esta presión sería suficiente para limitar el flujo sanguíneo venoso, aunque la amplia mayoría de los estudios utilizan presiones cercanas a los 100 mmHg.

1.9 Potencial Uso Terapéutico

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo posee características que lo hacen una modalidad de ejercicio único y que puede ser ampliamente beneficioso en el ámbito clínico; una de estas es la capacidad que tiene para producir adaptaciones similares a las que se logran con el entrenamiento de alta intensidad aunque empleando cargas extremadamente bajas, que pueden ir del 10% al 30% de la máxima capacidad de trabajo del individuo¹⁸ mismas intensidades que son equivalentes a la que puede ser observada durante la ejecución de las actividades físicas cotidianas.

La posibilidad de generar mejoras en la condición muscular empleando cargas tan bajas como el 10%-30% de la 1RM podría resultar ampliamente beneficioso para sujetos que han sido sometidos a intervenciones quirúrgicas y que sufren la posterior pérdida de volumen y fuerza muscular, así como para cualquier otro individuo que padece alguna condición que limita su capacidad para producir fuerza o que requiere mejorar alguna de estas condiciones como parte de un proceso de rehabilitación.

El hecho de poder emplear cargas tan bajas para mejorar las condiciones musculares significa también contar con la capacidad reducir el estrés mecánico al que se ven sometidas las articulaciones y los tejidos del sujeto que se encuentra en entrenamiento mediante este tipo de técnica⁸; lo cual podría ser realmente bondadoso con aquellos que presentan dolor al realizar ejercicio en condiciones normales con cargas de moderadas a altas.

Es tan baja la intensidad del estímulo requerido para incrementar el volumen muscular y obtener las mejoras que de ello derivan que es posible observarlas tras únicamente realizar caminatas en condición de restricción de flujo sanguíneo, como quedó demostrado en el estudio realizado por Abe et al.¹⁸

Inclusive es importante resaltar que Takarada et al³⁴ demostraron que el simple hecho de aplicar el estímulo oclusivo, aun sin combinarlo con ningún tipo de ejercicio, fue capaz de reducir la hipotrofia por desuso que ocurre normalmente después de un proceso quirúrgico; por lo cual es seguro emplearlo incluso en pacientes que recientemente fueron sometidos a intervenciones quirúrgicas, por ejemplo de reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior.

1.10 Aspectos de Seguridad para la Aplicación del Entrenamiento

Oclusivo

Por sus características, el entrenamiento en condiciones de restricción de flujo sanguíneo, genera cierta reticencia natural que se basa principalmente en la creencia de existir la posibilidad de presentar respuestas cardiovasculares adversas, formación y/o liberación de coágulos, o posibles daños a nivel tisular, muscular y nervioso. Sin embargo, el estudio realizado por Madarame et al³⁵ revela no haber encontrado cambios en los marcadores plasmáticos que pudieran indicar alteraciones de la coagulación después de realizar el ejercicio en condición de restricción de flujo sanguíneo.

Otros estudios que señalan la seguridad que ofrece el entrenamiento oclusivo para ser llevado a cabo por sujetos sanos señalan que parece no afectar la producción de especies reactivas de oxígeno, esto medido a través del peróxido lipídico³⁶ del glutatión y los carbonilos plasmáticos³⁷;

y que tampoco parece provocar cambio en marcadores de daño muscular, como es el caso de la Creatinquinasa¹⁸.

En otro estudio se analizaron los efectos adversos que pudieron ser observados después de realizar este tipo de entrenamiento; y para tal propósito fueron analizadas más de 30 mil sesiones de entrenamiento, dentro de las cuales los efectos secundarios más comunes fueron: aparición de hematomas (13.1%) parestesias en alguno de los miembros (1.3%) y mareo ligero (0.3%)³⁸. Mientras que los efectos secundarios más graves como son la trombosis venosa se han presentado una incidencia extremadamente baja (0.06%), aún menor que la media general para la población asiática (0.2-0.6%)³⁹.

Es importante recalcar que todos estos estudios enfocados a los aspectos de seguridad han sido realizados en individuos sanos, por lo que resulta imperativo llevar a cabo más investigación con la intención de conocer cómo es que todos estos aspectos se comportan y pueden llegar a verse modificados en personas que cursan por algún proceso patológico.

Capítulo 2 Planteamiento del Problema

2.1 Planteamiento del Problema

Es ampliamente conocido que los pacientes que acuden a servicios de fisioterapia, en su gran mayoría, presentan limitaciones funcionales, alteraciones biomecánicas, afecciones neuromusculares o patologías que producen limitaciones en la producción de fuerza⁴⁰; es por esto que el entrenamiento de la fuerza debe ser uno de los pilares que sustentan un programa de rehabilitación completo y adecuado.

Aunque es reconocida la alta importancia que tiene la fuerza muscular en la adecuada producción de movimiento y la relación que existe entre los déficits de esta y las limitaciones funcionales que puede llegar a presentar un individuo como consecuencia de un proceso patológico, existen diversos factores que llegan a limitar la capacidad de un paciente para llevar a cabo un programa de fortalecimiento eficiente que le permitan desarrollar fuerza acorde con sus necesidades; uno de estos factores es el alto estrés mecánico al que se ven sometidas las estructuras anatómicas que se buscan fortalecer.

Es en este punto donde el entrenamiento Kaatsu toma una enorme importancia debido a que es una técnica de entrenamiento considerada como “no invasiva” según la definición de Ordoñez⁴¹, es decir, “un procedimiento que no rompe ninguna barrera natural de defensa del organismo”; y consiste en la ejecución de ejercicio en condiciones de restricción de flujo sanguíneo, con el fin de producir mejoras en la fuerza, resistencia y el trofismo muscular, aunque empleando cargas extremadamente bajas, lo cual reduce de manera significativa el estrés mecánico al que se someten los tejidos, por lo cual presenta un gran potencial para su uso con fines terapéuticos.

Si bien es cierto que este tipo de entrenamiento parece ampliamente benevolente, actualmente, todo su potencial se encuentra relativamente poco explotado, en parte debido a que se desconocen del todo los mecanismos que producen las adaptaciones generadas en el organismo, además del alto costo que representa su aplicación, ya que, al contar con una patente internacional, es necesario contar con una certificación y equipo especializado para su aplicación.

Ante este importante inconveniente se presenta una opción que de algunos años a la fecha ha comenzado a cobrar importancia demostrando producir adaptaciones similares, pero reduciendo los costos que esto genera de una manera realmente importante; se le conoce como Aplicación Práctica del Entrenamiento Oclusivo.

Es entonces de esta línea de pensamiento que surge la pregunta problema que atañe a la presente investigación:

¿Es la aplicación práctica del Entrenamiento Oclusivo una alternativa viable para producir hipertrofia muscular, mejoras de la fuerza máxima y de la resistencia muscular, con potencial para beneficiar a pacientes de fisioterapia?

2.2 Justificación del Estudio

El entrenamiento KAATSU ha demostrado su efectividad para producir adaptaciones similares a las que genera el entrenamiento de fuerza clásico, aunque empleando cargas y periodos significativamente menores que este. A pesar de esto son escasos los artículos científicos en los que se haya empleado esta técnica en individuos que presentaran alguna condición patológica que tuviera repercusión directa o indirecta en su capacidad de producción de fuerza.

El entrenamiento tradicional de la fuerza requiere periodos de entre 6 y 10 semanas para producir hipertrofia significativa, empleando cargas mínimas del 65% de la 1RM del individuo⁸; lo cual puede significar un aplazamiento importante de la vuelta a la actividad normal del individuo en la mayoría de los casos.

Por su parte, el entrenamiento oclusivo es capaz de producir este tipo de mejoras empleando cargas tan bajas como el 10%-30% de la 1RM que es equivalente a la fuerza desplegada durante actividades de la vida cotidiana¹⁸, lo que reduce considerablemente el estrés mecánico al que se someten las estructuras involucradas. Además de ser capaz de producir mejoras significativas de la función muscular en periodos tan cortos como una semana¹⁴⁻¹⁶.

El presente estudio busca corroborar la efectividad de la aplicación práctica del entrenamiento oclusivo en individuos sanos, con miras a su futura aplicación en pacientes de fisioterapia, quienes potencialmente se verían beneficiados de resultar exitoso.

Por otro lado, el carácter científico de la Fisioterapia moderna le exige, al igual que a otras disciplinas, el ejercicio de la profesión basado en evidencia científica, por lo que es imperativo buscar expandir la gama de opciones y posibilidades con sustento científico con las que cuenta un fisioterapeuta para ofrecer un servicio de calidad que sea capaz de satisfacer las necesidades del individuo, permitiéndole desarrollar, recuperar o mejorar las capacidades que presenta.

2.3 Objetivos del Estudio

Objetivo Principal: Demostrar la efectividad de la Aplicación Práctica del Entrenamiento Oclusivo en individuos sanos con la intención de crear un antecedente que permita su futura aplicación en pacientes de fisioterapia.

Objetivos Secundarios:

- a) Producir hipertrofia muscular en los miembros superiores de los participantes
- b) Aumentar la fuerza máxima de bíceps y tríceps
- c) Mejorar la fuerza resistencia de bíceps y tríceps

2.4 Límites Espacio – Temporales

La investigación se realizó en un periodo de 5 semanas que comprendieron el lapso entre el 3 de noviembre y el 3 de diciembre del año 2015, mismas fechas en las que se llevaron a cabo las valoraciones inicial y final respectivamente, ejecutando el protocolo de ejercicios con una frecuencia programada de dos sesiones por semana.

Toda la investigación y cada uno de los procesos que la componen fueron llevados a cabo dentro de las instalaciones de la Escuela Nacional de Estudios Superiores de la Universidad Nacional Autónoma de México, en su campus ubicado en la ciudad de León, en el estado de Guanajuato.

Capítulo 3 Metodología

3.1 Metodología de la Investigación

Tanto la metodología que fue utilizada para conducir el presente estudio como la nomenclatura que será empleada para describir el presente capítulo es retomada de lo descrito por Hernández⁴².

3.2 Enfoque de la Investigación

El enfoque elegido para llevar a cabo esta investigación fue cuantitativo. Este tipo de enfoque se caracteriza por ser un proceso secuencial que surge de una idea que pretende resolver un problema concreto y que se presenta bien delimitado. Esta idea se va acotando al punto de permitir definir preguntas específicas que serán la guía para el desarrollo de la investigación.

La investigación, en este tipo de enfoque, se encuentra sustentada por una revisión previa de la literatura relacionada al tema que permite crear un marco teórico que funcionara como referencia, lo cual provocará que al seguir una línea lógica de pensamiento se derive una o varias hipótesis que serán sometidas a prueba, intentando que a través de la investigación sean corroboradas o refutadas.

Para poder comprobar la efectividad de una intervención de este tipo es necesario recolectar datos a través de procesos estandarizados de medición que sean reconocidos y aceptados por la comunidad científica y que permitirán su reproducibilidad y arrojaran cifras que deben ser analizadas con el fin de llegar a conclusiones concretas.

Estos rasgos buscan brindarle al estudio el mayor carácter de objetividad posible, es decir, que todos los fenómenos que son estudiados no deben ser intervenidos alevosamente por el investigador, con la intención de que los resultados arrojados por la investigación coincidan con los supuestos previamente generados.

Es importante tener en mente que, al realizar un estudio con este enfoque, los resultados obtenidos de la muestra estudiada puedan ser replicados e, idealmente, ser ejecutados en una mayor

escala, fomentando la expansión, profundización e incluso la difusión del conocimiento relacionado al tema en cuestión.

Por lo tanto, a consecuencia de las aspiraciones que son resultado de este proceso investigativo se considera a este tipo de enfoque como el más propicio para conducirlo y guiar su desarrollo.

3.3 Alcance de la Investigación

El alcance de esta investigación es exploratorio. Este tipo de alcance es empleado cuando se tiene como objetivo abordar un problema de investigación que se encuentra poco estudiado o cuando existen dudas relacionadas con el mismo; además es utilizado en los casos en los que se pretende analizar un tema desde una perspectiva diferente. Por estas condiciones, los estudios que se presentan con este tipo de alcance comúnmente anteceden investigaciones que permitan profundizar el tema.

En el caso de este estudio se presentan dichas condiciones. A pesar de ser una técnica de entrenamiento que se comenzó a utilizar en el público en general a partir de 1983¹⁵, actualmente la investigación publicada al respecto aún es escasa. El uso de la misma técnica se encuentra poco difundido y a pesar de que múltiples autores reconocen su potencial uso terapéutico, dadas las características del mismo, son casi nulos los estudios en los que se ha aplicado con esta finalidad.

Por tanto, se tiene contemplado que este estudio permita explorar la técnica de entrenamiento oclusivo y comprobar su aplicabilidad con perspectivas a que el mismo sirva de base y referencia teórica para su uso con fines terapéuticos que permitan ampliar la gama de opciones para el fisioterapeuta en el tratamiento de pacientes con problemas osteomusculares relacionados directamente a la producción de fuerza en alguna de sus distintas variantes.

3.4 Diseño de Estudio

El diseño seleccionado para conducir esta investigación es longitudinal pre experimental, más específicamente, de pre prueba/pos prueba con un único grupo de estudio, llevado a cabo en un contexto de campo. Esta decisión se fundamenta en los siguientes aspectos:

- Los diseños de estudio experimentales son aquellos en los que se manipulan de manera intencional una o más variables independientes (que se presupone son causas o antecedentes de las variables dependientes) para posteriormente realizar mediciones sobre las variables dependientes (que son efecto o consecuencia de la manipulación de las variables independientes). En pocas palabras se genera un estímulo para observar el efecto que produce en ciertas variables.

Este diseño debe cumplir con tres requisitos fundamentales, que son:

1. La manipulación intencional en un grado determinado de una o más variables independientes.
 2. Medir el efecto que esta manipulación tiene sobre la o las variables dependientes.
 3. Tener control o validez interna, es decir, contar con la mayor certeza posible de que si en el experimento se presenta que una o más de las variables independientes producen cambios sobre las variables dependientes, estas variaciones se deban a la influencia de las primeras y no a causas o factores externos a la investigación.
- En los estudios de Diseño pre experimental de pre prueba/pos prueba se tiene a un grupo de estudio, con el cual se ejecutan una o más pruebas con la finalidad de obtener datos de la o las variables dependientes y tenerlas como referencia inicial, para posteriormente aplicar el estímulo experimental; al final se repiten las pruebas realizadas para medir las variables dependientes y compararlas con la muestra obtenida de manera previa a la aplicación del estímulo.

Este tipo de diseños difieren de los experimentos “puros” en el aspecto de que no se cuenta con un grupo control, pero en cambio se tiene como punto de comparación la información recolectada al iniciar dicho experimento lo cual permite contrastar con los datos obtenidos al concluir.

- Los experimentos realizados en un contexto de campo se caracterizan por ser aquellos que se llevan a cabo en situaciones más próximas a la realidad, en comparación con los experimentos realizados en un contexto de laboratorio. Si bien es cierto que un experimento realizado en un laboratorio tiene un control más riguroso sobre las variables que son

estudiadas, los experimentos ejecutados en situaciones de campo adquieren una mayor validez externa al ser más fácilmente reproducibles que los anteriores, sin dejar de lado que en ambos casos el investigador debe intentar controlar las condiciones en las que se realizan tan cuidadosamente como le sea posible.

Debido a los puntos recién expuestos, el diseño pre experimental de pre prueba/pos prueba realizado en un contexto de campo se presenta como la mejor alternativa para ejecutar este protocolo de investigación.

3.5 Variables a Estudiar

Las Variables Independientes tomadas en cuenta en este estudio son todas aquellas propias el entrenamiento que se llevará a cabo, es decir: presión aplicada para restringir el flujo sanguíneo, ejercicios seleccionados para realizar, tempo de ejecución, número de series, periodo de descanso entre series, intensidad, frecuencia; mismas que se describen detalladamente en el apartado 3.7.1 que explica las condiciones en las que se ejecutará el ejercicio.

Las Variables Dependientes que analizarán al inicio y al final de esta investigación serán:

1. Perímetro máximo y en reposo de ambos miembros superiores.
2. Fuerza Máxima de bíceps y tríceps.
3. Fuerza Resistencia de bíceps y tríceps.

Ambos tipos de variables que se van a estudiar serán profundizados a continuación en el apartado 3.6 que versa sobre la descripción del procedimiento ejecutado para la recolección de datos iniciales y finales, así como del programa de ejercicios realizado.

3.6 Muestra Poblacional

La muestra seleccionada para este estudio estuvo compuesta en su totalidad por participantes voluntarios. Este tipo de muestra también es conocida como muestra “autoseleccionada” debido a que los participantes responden activamente a una invitación o se proponen voluntariamente como participantes del estudio.

Para conformar la muestra se realizó una invitación a los alumnos de Fisioterapia de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León de la UNAM para que formaran parte del estudio, consistente en una breve charla en la que les fue informado todo lo relacionado al proyecto de investigación y posteriormente a la cual se le solicitó a quienes estuvieran interesados en participar que realizaran un pre-registro, del cual se obtuvo la muestra final al realizar el filtrado a través de los criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

3.6.1 Criterios de Inclusión

Serán tomados en cuenta para el estudio todos aquellos participantes que cumplan con las siguientes características:

- Sean alumnos de la licenciatura de Fisioterapia de género indistinto.
- Contar con edad entre 18 y 25 años.
- Aceptar voluntariamente formar parte del estudio.
- Firmar el consentimiento informado y permitir la recolección de datos. (Anexos 1 y 2).

3.6.2 Criterios de Exclusión

Se excluirá del grupo participante del estudio a todo aquel individuo que:

- Sufra de algún padecimiento cardiovascular, metabólico o neurológico.
- Que presuma o se encuentre embarazada.
- Se encuentre realizando algún tipo de entrenamiento de fuerza y/o resistencia además del realizado en el estudio durante el transcurso del mismo.
- Presente fractura o secuelas de fractura de alguno de los miembros superiores.
- Tenga presión arterial sistólica mayor a 140 mm Hg y diastólica mayor de 90 mm Hg.
- Tenga presión arterial sistólica menor a 90 mm Hg y diastólica menor a 60 mm Hg.

3.6.3 Criterios de Eliminación

Será motivo de eliminación del estudio cuando el participante:

- No se presente a dos sesiones de ejercicio o alguna de las valoraciones.

- Se presente en condiciones que no sean propicias para realizar el ejercicio. (Con ropa y/o calzado inadecuado, deshidratados, en estado de ebriedad y/o ansiosos.)
- Que presenten reacciones físicas y/o emocionales adversas al ejercicio realizado.
- Decida abandonar el estudio por voluntad propia.

3.7 Procedimiento

Los individuos que aceptaron participar de manera voluntaria en el estudio recibieron, leyeron y procedieron a firmar una Carta de Consentimiento Informado⁴³ (Anexo 1) y posteriormente llevaron a cabo un programa con duración total de cinco semanas dentro de las cuales realizaron un protocolo de ejercicio en condiciones de restricción de flujo sanguíneo que constó de dos sesiones semanales y de dos evaluaciones, una al comienzo y la otra al finalizar de este lapso, mismas que permitieron evaluar la efectividad del programa.

3.7.1 Protocolo de Ejercicio

El protocolo de ejercicio se conformó de 3 series de curl de bíceps con agarre en supinación con mancuernas y extensiones de tríceps con agarre con cuerda en polea alta, con la finalidad de aislar el trabajo muscular de bíceps y tríceps respectivamente, ejecutando repeticiones al fallo volitivo con un peso de entre el 20% y el 30% de la 1RM de cada uno de los participantes, con un periodo de descanso entre series de 1 minuto, con un tempo de 1 segundo para la fase concéntrica, 0 segundos para la fase neutra y 1 segundo para la fase excéntrica, el ejercicio se realizó en condiciones de restricción de flujo sanguíneo local en miembros superiores como se describe en el siguiente apartado.

3.7.2 Restricción del Flujo Sanguíneo

Para producir la restricción del flujo sanguíneo en los miembros superiores de los sujetos de estudio durante la ejecución del protocolo de ejercicio se emplearon un par de bandas elásticas que fueron sujetadas en cada uno de los miembros torácicos lo más proximal al tronco que fue posible “de manera ceñida, pero sin producir dolor” como es descrito por Loenneke et al¹⁶ y en una presión percibida de 6-7 en la escala del 0 al 10 descrita por Wilson et al⁴⁴, mismas que permanecieron

sujetas aun durante los periodos de descanso entre series y que fueron retiradas inmediatamente al completar la última serie.

3.7.3 Proceso de Medición

Este proceso comenzó con el llenado de la ficha de identificación de cada uno de los participantes y en la primera y en la última sesión se llevaron a cabo las mediciones que permitieron comprobar la efectividad de la intervención y que son:

- **Circunferencia de Ambos Brazos:** Para llevar a cabo esta medición se utilizó el procedimiento descrito por González et al⁴⁵:

Se coloca al sujeto de pie, erguido, los brazos descansando al lado del cuerpo, las manos abiertas y los hombros relajados. Se realiza la medición con dos variantes: a) en el nivel del punto intermedio entre el acromion y el olecranon con el brazo colgado libremente se pasa la cinta métrica alrededor del brazo de modo que toque la piel pero sin comprimir el tejido (Fig. 1.1) y; b) la circunferencia máxima del brazo que se mide cuando los músculos del brazo se encuentran completamente contraídos en abducción de hombro de 90° y flexión de codo, la medición se realiza en el punto donde el perímetro es máximo (Fig. 1.2).



Fig. 1.1 Circunferencia en Reposo



Fig. 1.2 Circunferencia Máxima

- **Determinación de 1RM:** Para conocer la 1RM de cada uno de los participantes del estudio se realizó de primera instancia un calentamiento que consistente de trote suave entre el 50% y el 60% de la frecuencia cardiaca que permitió completar 5 minutos sin fatiga, seguido de movimientos de lubricación articular. A continuación, se procedió a ejecutar el ejercicio de

curl de bíceps con barra en la maquina Dual Adjustable Pulley de Life Fitness® utilizando ambos brazos simultáneamente con un peso que permita realizar entre 5 y 10 repeticiones incrementando parcialmente el peso hasta lograr una sola ejecución efectiva, respetando un periodo de descanso de 5 minutos entre cada uno de los intentos. En caso de completar más de una repetición con un peso determinado, pero no poder realizar una sola repetición con el peso inmediatamente siguiente se empleó la tabla 3.1 creada por Thibaudeau⁵ para determinar la 1RM empleando la columna que indica el “% para una ratio equilibrada de fibras”. De la misma manera se utilizó este procedimiento para llevar a cabo el test de 1RM en el ejercicio de Press Down con barra en polea alta en el mismo equipo también usando ambos miembros superiores simultáneamente.

Número de Reps	% para contracción rápida dominantes	% para una ratio equilibrada de fibras	% para contracción lenta dominantes
1	100%	100%	100%
2	92%	95%	98%
3	87%	90%	96%
4	82%	87%	94%
5	79%	84%	92%
6	76%	83%	90%
7	73%	80%	88%
8	70%	77%	86%
9	67%	74%	84%
10	64%	71%	82%
11	61%	69%	80%
12	58%	67%	78%
13	55%	65%	76%
14	52%	63%	74%
15	50%	61%	72%
16	48%	59%	70%
17	46%	57%	68%
18	44%	55%	66%
19	42%	53%	64%
20	40%	52%	62%
21	39%	51%	61%
22	38%	50%	60%
23	37%	49%	59%
24	36%	48%	58%
25	35%	47%	57%

Tabla 3.1 Tabla para Determinación de 1RMThibaudeau.

- Fuerza Resistencia: Este tipo de fuerza fue medido sesión con sesión al llevar un registro del total de repeticiones logradas con el peso estimado inicialmente que permitió analizar la

progresión que generó la intervención en este rubro a través del volumen final desplazado por sesión.

Es importante mencionar que además de los puntos anteriormente señalados la primera sesión tuvo como objetivo secundario el familiarizar a los sujetos participantes del estudio con la metodología de aplicación del protocolo de entrenamiento, es decir:

a) Con la correcta ejecución del ejercicio que se iba a realizar en cada una de las sesiones subsecuentes y;

b) El proceso de aplicación y regulación de la presión de las bandas elásticas sobre los miembros superiores que restringieron el flujo sanguíneo durante la ejecución del protocolo.

3.8 Instrumentos para la Recolección de Datos

Con la finalidad de recopilar los datos que permitieron llevar a cabo el llenado de la ficha de identificación de cada uno de los sujetos de estudio participantes de la investigación, así como de los datos obtenidos en las valoraciones, inicial y final, fue utilizado el formato del anexo 2, correspondiendo cada uno de los datos con la casilla destinada para tal efecto.

Capítulo 4 Resultados

Para adquirir la muestra se obtuvo una primera selección de 31 sujetos que respondieron activamente la invitación para participar en el estudio y de los cuales se puede ver la distribución por género en la tabla 4.1.

Género	Voluntarios	Porcentaje
Masculino	8	25%
Femenino	23	75%
Total	31	100%

Tabla 4.1

Dentro de este primer grupo de voluntarios fueron aplicados los criterios de inclusión, exclusión y eliminación, para posteriormente seleccionar aleatoriamente a 15, mismos que comenzaron a realizar el protocolo de investigación y de los cuales 13 de ellos concluyeron satisfactoriamente con el proceso descrito para conformar el grupo de estudio definitivo y que se distribuyó como se muestra en la tabla 4.2.

Género	Voluntarios	Porcentaje
Masculino	3	23%
Femenino	10	77%
Total	13	100%

Tabla 4.2

Una vez ejecutado el protocolo de ejercicio con base en las especificaciones y durante los periodos descritos con anterioridad, fue imperativo proseguir con la recolección final de datos para contrastarlos con la captura inicial y así evaluar las diferencias que se presentaron entre ambas; la descripción de los resultados será desarrollada en torno a los tres parámetros que fueron analizados, que son:

1) Perimetría de los Miembros Superiores	a) En reposo
	b) Circunferencia Máxima

2) Repetición Máxima	a) De Bíceps
	b) De Tríceps
3) Volumen	a) De Bíceps
	b) De Tríceps

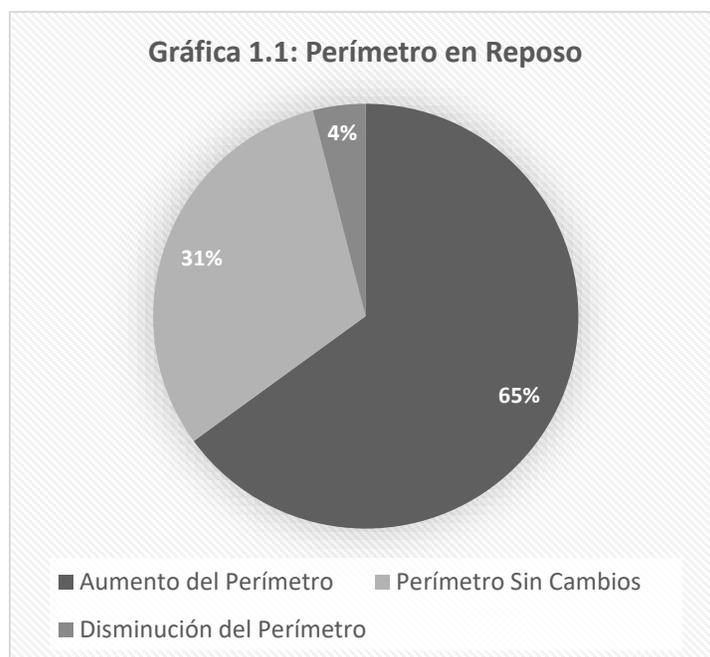
4.1 Perimetría en Reposo

En el caso de los datos obtenidos de la medición de perimetría en reposo de ambos miembros superiores de los 13 sujetos que conformaron la muestra final de este estudio, podemos observar en la tabla 4.3 los valores obtenidos en las dos evaluaciones (inicial y final) además de la diferencia de ambas al concluir el estudio.

	Miembro Superior Izquierdo		Diferencia	Miembro Superior Derecho		Diferencia
	Inicial	Final		Inicial	Final	
Sujeto 1	24	24	0	24	23.5	-0.5
Sujeto 2	27	27.5	0.5	26.5	27	0.5
Sujeto 3	31	32	1	31	31.5	0.5
Sujeto 4	26.5	27	0.5	27	27	0
Sujeto 5	27.5	27.5	0	27	28.5	1.5
Sujeto 6	27.5	28	0.5	27	27	0
Sujeto 7	28	28	0	28	30	2
Sujeto 8	23	24	1	23.5	24	0.5
Sujeto 9	27	28.5	1.5	29	29	0
Sujeto 10	26	27.5	1.5	26.5	27	0.5
Sujeto 11	35.5	35.5	0	34.5	35	0.5
Sujeto 12	26.5	27	0.5	26	27	1
Sujeto 13	28	29	1	30	30	0

Tabla 4.3 Medición de Perimetría en Reposo, Expresada en Centímetros

Al analizar estos datos podemos apreciar un aumento del perímetro en el 65% de los casos registrados, mientras que el 31% de estos no mostró aumento y el 4% reflejó una disminución, para obtener un aumento promedio de 0.60 cm. Estos datos son desglosados en la gráfica 1.1 que se muestra en seguida.



Resultado	Cantidad de Extremidades Evaluadas		Total	Porcentajes
	Izquierdas	Derechas		
Aumento del Perímetro	9	8	17	65%
Perímetro Sin Cambios	4	4	8	31%
Disminución del Perímetro	0	1	1	4%
Total	13	13	26	100%

Resultados de la Medición de Perimetría en Reposo

4.2 Circunferencia Máxima

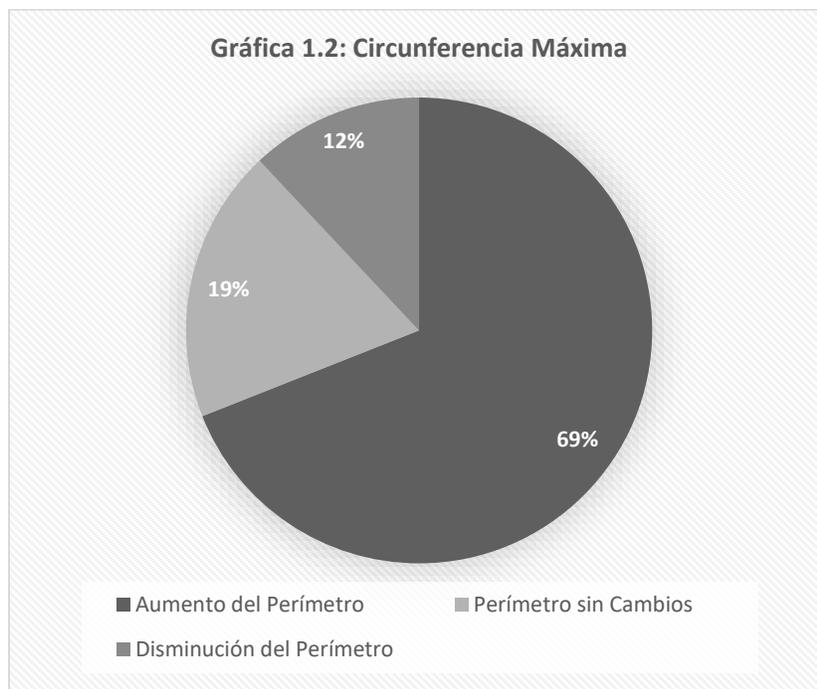
En el caso de las mediciones realizadas en el punto de máxima circunferencia de ambos miembros superiores de los 13 sujetos de estudio se obtuvieron los datos desplegados en la tabla 4.4 junto con la diferencia resultante:

	Miembro Superior Izquierdo			Miembro Superior Derecho		
	Inicial	Final	Diferencia	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 1	24.5	24	-0.5	24.5	23.5	-1
Sujeto 2	26.5	27	0.5	26	26	0
Sujeto 3	31.5	31.5	0	31.5	31.5	0
Sujeto 4	26	26.5	0.5	27	27	0
Sujeto 5	26.5	27	0.5	27.5	28	0.5
Sujeto 6	26.5	27.5	1	26.5	27	0.5

Sujeto 7	27.5	28	0.5	28	28.5	0.5
Sujeto 8	24	25.5	1.5	24.5	25.5	1
Sujeto 9	28.5	29	0.5	29.5	29.5	0
Sujeto 10	27	28	1	27.5	28.5	1
Sujeto 11	34.5	35	0.5	35.5	34	-1.5
Sujeto 12	27	29	2	27.5	29	1.5
Sujeto 13	29	30	1	31	31.5	0.5

Tabla 4.4 Medición de Circunferencia Máxima en Centímetros

Podemos entonces, a partir de esta tabla, clasificar los datos en tres grupos que son mostrados en la gráfica 1.2, que nos describen la evolución final de todos los casos y de los que podemos observar un aumento en el 69%, la igualdad en el 19% y la disminución en el 12% de los mismos, con un incremento promedio de 0.46 cm:



Resultado	Cantidad de Extremidades Evaluadas		Total	Porcentajes
	Izquierdas	Derechas		
Aumento del Perímetro	11	7	18	69%
Perímetro Sin Cambios	1	4	5	19%
Disminución del Perímetro	1	2	3	12%
Total	13	13	26	100%

Resultados de la Medición de la Circunferencia Máxima

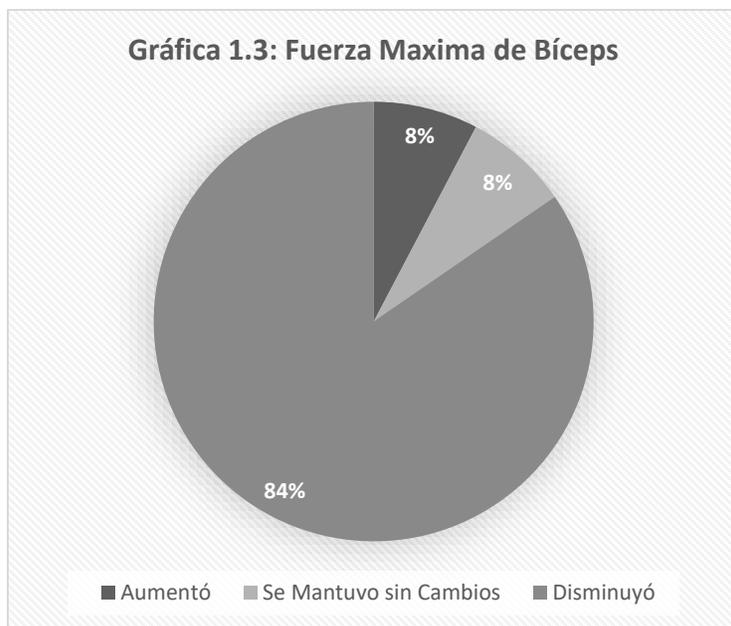
4.3 Repetición Máxima de Bíceps

Los datos obtenidos antes y después de la intervención en el apartado de Repetición Máxima para ambos bíceps son mostrados en la tabla 4.5, misma donde se demuestra la diferencia de cada uno al concluir la intervención:

	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 1	15	5.95	-9.05
Sujeto 2	25	16.66	-8.34
Sujeto 3	55	50	-5
Sujeto 4	27.77	19.48	-8.29
Sujeto 5	27.77	25	-2.77
Sujeto 6	37.31	29.76	-7.55
Sujeto 7	36.84	35	-1.84
Sujeto 8	25	15.78	-9.22
Sujeto 9	35	17.85	-17.15
Sujeto 10	25	17.85	-7.15
Sujeto 11	30.12	22.38	-7.74
Sujeto 12	41.66	42.16	0.5
Sujeto 13	50	50	0

Tabla 4.5 Repetición Máxima de Bíceps expresada en Kilogramos

De estos datos es importante resaltar la disminución de la fuerza máxima en el 84.6% de los casos con una reducción promedio de 6.96 kilogramos, como se describe en la gráfica 1.3 que se encuentra a continuación:



Resultado	Cantidad de Sujetos	Porcentaje
Aumento de la Fuerza Máxima	1	8%
Sin Cambios en la Fuerza Máxima	1	8%
Disminución de la Fuerza Máxima	11	84%
Total	13	100%

Resultados de la Medición de la Repetición Máxima de Bíceps

4.4 Repetición Máxima de Tríceps

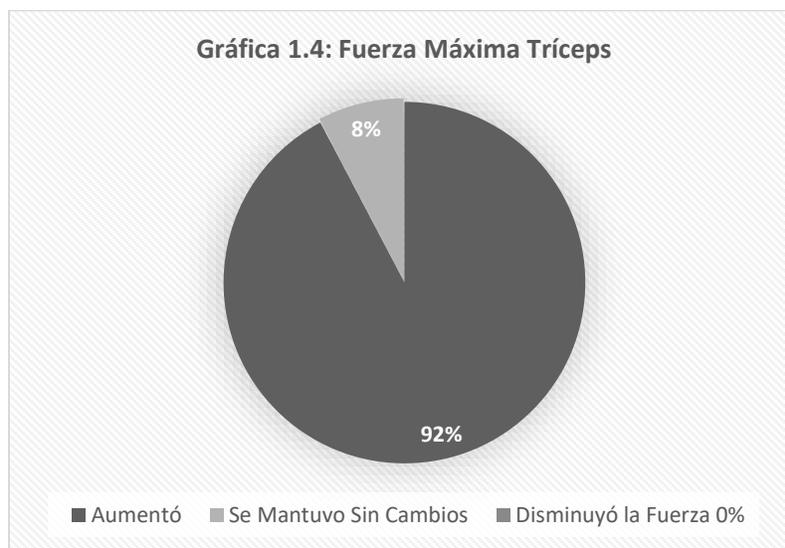
En cuanto a la medición de los Repetición Máxima para Tríceps podemos observar los datos obtenidos en la tabla 4.6 con la resultante de comparar la fuerza máxima final con la registrada previo a la ejecución del protocolo.

	Inicial	Final	Diferencia
Sujeto 1	31.25	39.68	8.43
Sujeto 2	37.31	39.68	2.37
Sujeto 3	56.25	58.44	2.19
Sujeto 4	39.68	43.85	4.17
Sujeto 5	45	53.57	8.57
Sujeto 6	41.66	52.23	10.57
Sujeto 7	36.84	36.84	0
Sujeto 8	47.16	55.55	8.39
Sujeto 9	38.88	45.45	6.57

Sujeto 10	35	41.66	6.66
Sujeto 11	58.44	67.16	8.72
Sujeto 12	42.16	53.57	11.41
Sujeto 13	53.57	56.25	2.68

Tabla 4.6 Repetición Máxima de Tríceps expresada en Kilogramos

Caso contrario a lo que sucedió en el tema de la fuerza máxima de bíceps, para la fuerza máxima de tríceps podemos notar un aumento en el 92.3% de los sujetos sometidos al protocolo, con una mejoría promedio de 6.5 kilogramos; mismos datos que son mostrados en la gráfica 1.4:



Resultado	Cantidad de Sujetos	Porcentaje
Aumento de la Fuerza Máxima	12	92%
Sin Cambios en la Fuerza Máxima	1	8%
Disminución de la Fuerza Máxima	0	0%
Total	13	100%

Resultados de la Medición de la Repetición Máxima de Tríceps

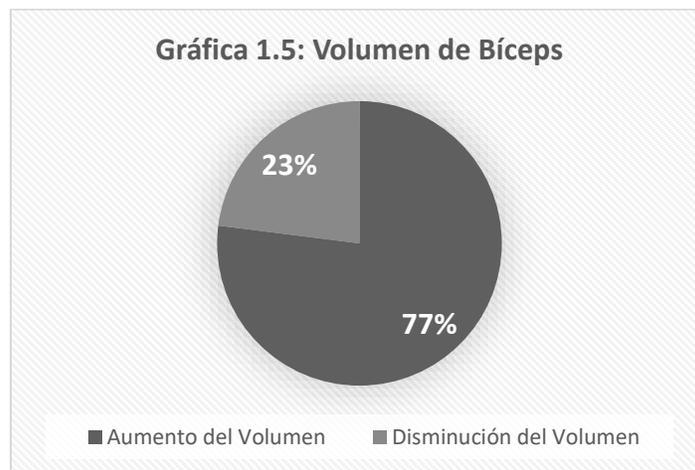
4.5 Volumen de Bíceps

Como fue mencionado anteriormente, el volumen se midió sesión con sesión, desde el primer entrenamiento hasta el último. Estos datos fueron registrados y en la tabla 4.7 se muestra la suma del volumen para ambos bíceps alcanzado en el entrenamiento inicial y final de cada uno de los participantes, así como la diferencia obtenida al finalizar el estudio.

	Volumen Inicial	Volumen Final	Diferencia
Sujeto 1	375	470	95
Sujeto 2	290	395	105
Sujeto 3	670	860	190
Sujeto 4	900	965	65
Sujeto 5	675	1150	475
Sujeto 6	1160	1140	-20
Sujeto 7	585	770	185
Sujeto 8	650	600	-50
Sujeto 9	600	890	290
Sujeto 10	500	875	375
Sujeto 11	525	980	455
Sujeto 12	750	930	180
Sujeto 13	650	640	-10

Tabla 4.7 Volumen para Bíceps Expresado en Libras

A partir de esto podemos deducir la gráfica 1.5 mostrada a continuación, en los que es importante notar el predominio de los sujetos en los que se presentó un aumento del volumen alcanzado con los bíceps con un promedio de 179.61 libras.



Resultado	Cantidad de Sujetos	Porcentaje
Con Aumento de Volumen	10	77%
Sin Cambio en el Volumen	0	0%
Con Disminución del Volumen	3	23%
Total	13	100%

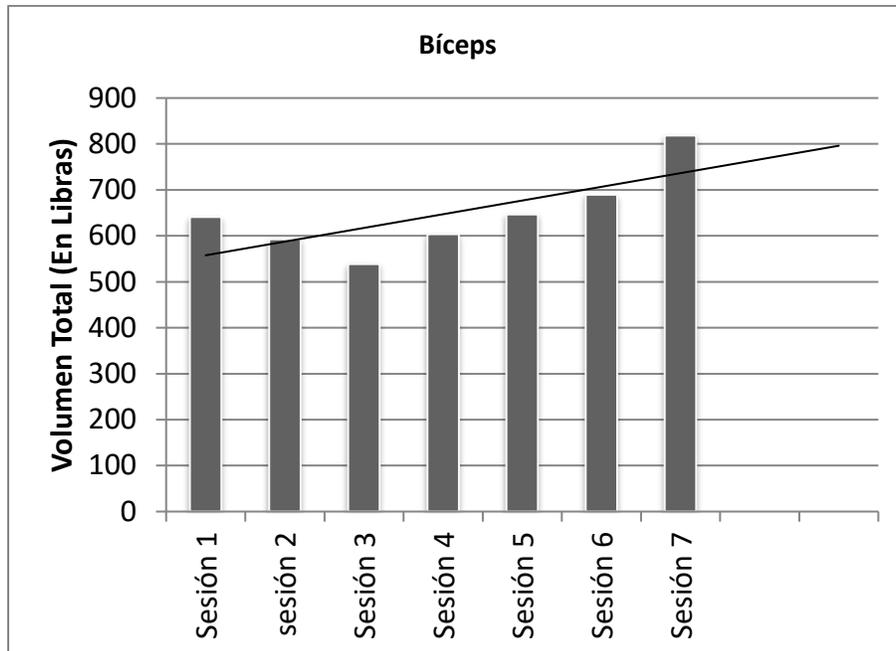
Resultado del Volumen para Bíceps

Al realizar el registro sesión con sesión del volumen alcanzado por cada uno de los participantes en el ejercicio para bíceps se obtuvieron las cifras de la tabla 4.8 junto el promedio general para 7 sesiones de entrenamiento.

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7
Sujeto 1	375	380	345	420	425	360	455
Sujeto 2	290	335	280	315	425	410	395
Sujeto 3	670	760	800	900	820	880	880
Sujeto 4	900	665	510	760	445	645	805
Sujeto 5	675	600	425	425	625	700	1150
Sujeto 6	1160	920	450	980	970	790	1100
Sujeto 7	585	840	995	690	730	770	1020
Sujeto 8	650	730	480	350	395	720	600
Sujeto 9	600	555	620	730	720	710	840
Sujeto 10	500	330	510	505	695	635	875
Sujeto 11	525	505	530	560	745	890	980
Sujeto 12	750	560	560	580	560	810	900
Sujeto 13	650	520	500	630	850	640	640
Promedio	640.77	592.30	538.85	603.46	646.54	689.23	818.46

Tabla 4.8 Volumen de Bíceps de los 13 Participantes por Sesión, Expresado en Libras

Es importante resaltar el evidente aumento en el volumen promedio alcanzado por los sujetos participantes en este estudio, que se vuelve más claro en la gráfica 1.6 que incluye una línea de tendencia proyectada para dos sesiones de entrenamiento adicionales.



Gráfica 1.6 Volumen Promedio por Sesión de Bíceps

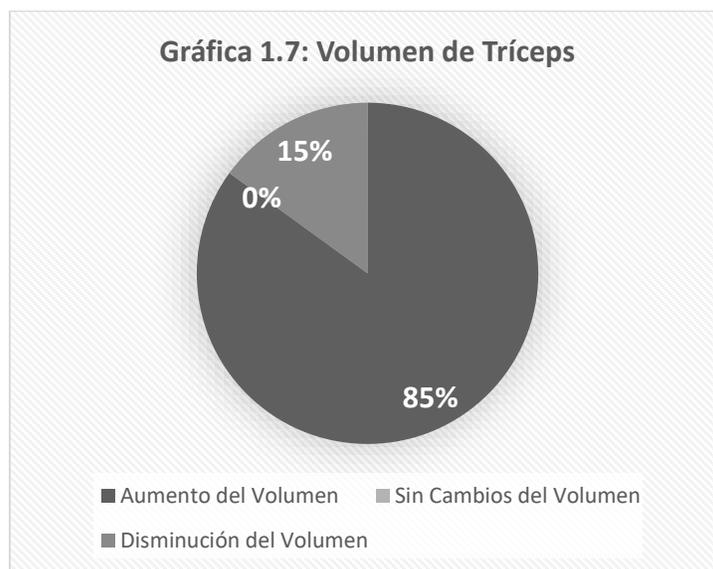
4.6 Volumen de Tríceps

A partir de los resultados obtenidos para esta misma variante, pero en el caso del ejercicio realizado con los músculos tríceps podemos apreciar los datos de la tabla 4.9, mostrada a continuación:

Sujeto	Volumen Inicial	Volumen Final	Diferencia
Sujeto 1	382.5	780	397.5
Sujeto 2	405	555	150
Sujeto 3	1012.5	950	-52.5
Sujeto 4	510	840	330
Sujeto 5	1112.5	1187.5	75
Sujeto 6	800	2062.5	1262.5
Sujeto 7	725	1125	400
Sujeto 8	1200	962.5	-237.5
Sujeto 9	495	1560	1065
Sujeto 10	577.5	600	22.5
Sujeto 11	825	1150	325
Sujeto 12	1075	1350	275
Sujeto 13	887.5	1875	987.5

Tabla 4.9 Volumen Total para Tríceps Expresado en Kilogramos

A partir de esta tabla podemos observar un aumento en el 85% de los sujetos analizados, con una mejoría promedio de 384.61 kilogramos, como se muestra en la gráfica 1.7 a continuación:



Resultado	Cantidad de Sujetos	Porcentaje
Con Aumento de Volumen	11	85%
Sin Cambio en el Volumen	0	0%
Con Disminución del Volumen	2	15%
Total	13	100%

Resultado del Volumen para Tríceps

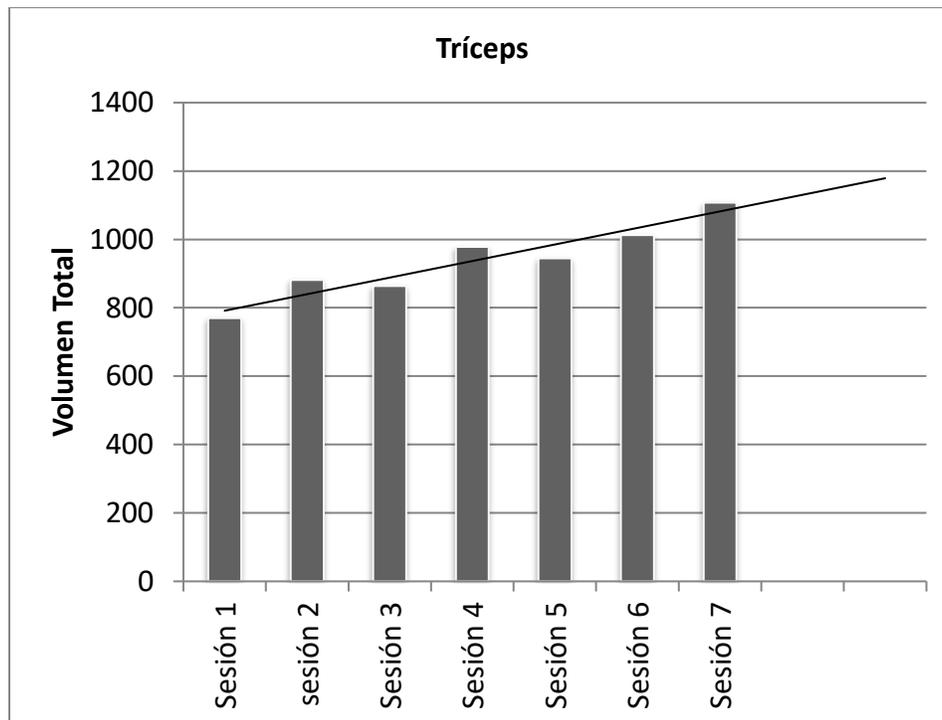
Al observar los datos obtenidos sesión con sesión en este mismo apartado para el tríceps es clara la tendencia al aumento en el volumen total alcanzado por los participantes, como se muestra en la tabla 4.10 junto con el promedio general.

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7
Sujeto 1	382.5	615	547.5	697.5	757.5	772.5	772.5
Sujeto 2	405	495	480	585	667.5	637.5	555
Sujeto 3	1012.5	1125	1177.5	1057.5	967.5	875	875
Sujeto 4	510	615	630	652.5	517.5	577.5	817.5
Sujeto 5	1112.5	900	1185	1312.5	937.5	1125	1187.5
Sujeto 6	800	950	1000	1087.5	1375	1087.5	2000

Sujeto 7	725	825	962.5	850	902.5	1000	1112.5
Sujeto 8	1200	1095	1117.5	1560	800	1225	962.5
Sujeto 9	495	607.5	585	592.5	675	847.5	990
Sujeto 10	577.5	585	600	517.5	750	502.5	600
Sujeto 11	825	962.5	1012.5	950	1025	1100	1150
Sujeto 12	1075	1500	1000	1375	1325	1525	1500
Sujeto 13	887.5	1187.5	925	1475	1575	1887.5	1875
Promedio	769.81	881.73	863.27	977.88	944.23	1012.50	1107.50

Tabla 4.10 Volumen para Tríceps de los 13 Participantes por Sesión de Entrenamiento Expresado en Kilogramos

En este caso al plasmar el promedio general de los 13 sujetos obtenido para el volumen de tríceps en la gráfica 1.8 es clara la tendencia al aumento como lo señala la línea de tendencia proyectada para dos periodos más de entrenamiento en estas condiciones.



Gráfica 1.8 Volumen Promedio por Sesión de Tríceps

Capítulo 5 Discusión

Al realizar la lectura de los resultados arrojados por el presente estudio es posible tomar como ejes que nos permitan analizar los dos parámetros principales que se presentaron como objetivo: la fuerza y la hipertrofia.

5.1 Fuerza

Takarada et al¹² reportan haber presentado adaptaciones similares al aplicar este tipo de entrenamiento a los miembros superiores que las que son observadas cuando se aplica a las extremidades inferiores. Esto parece concordar con los resultados presentados al medir la Repetición Máxima de tríceps, en la que el 92.3% de los sujetos sometidos a entrenamiento presento mejoría con un promedio de 6.96 Kg; no así en el caso de la Repetición máxima de bíceps en el que únicamente el 7% mostró incremento en este parámetro.

La Fuerza Resistencia presentó de igual manera incrementos sesión con sesión, provocando un aumento en el volumen en el 77% de los casos para bíceps con un incremento promedio de 179.6 libras y en el 85% de los casos con una mejoría promedio de 384.6 kilogramos para tríceps. Esto es coincidente con lo enunciado por López², quien refiere que para desarrollar este aspecto de la fuerza lo más indicado es ejecutar un elevado número de repeticiones con porcentajes bajos de peso, aunque recomienda emplear pesos que permitan realizar entre 12 y 20 Repeticiones Máximas, es decir, aproximadamente entre el 50 y el 70% de la 1RM de cada individuo mientras que en este y en la mayoría de los estudios, tal como describieron Loenneke et al⁸, que se emplea este tipo de entrenamiento la intensidad utilizada oscila entre el 20 y el 50% de la 1RM.

5.2 Hipertrofia

Sale et al¹⁷ señalaron en su investigación que las adaptaciones que se obtienen al realizar ejercicio, al menos durante las primeras cuatro semanas se deben a factores neurológicos, y que es después de este periodo comienzan a observarse los cambios a nivel estructural. Esto contrasta con los resultados arrojados en esta investigación ya que tuvo una duración de cuatro semanas exactas, posteriores a las cuales el 65% de los participantes presentaron incremento en la circunferencia de

los miembros superiores en reposo y el 69% mostró aumento en la medición de circunferencia máxima; lo cual resulta consistente con lo presentado por otros estudios en los que fue posible observar cambios en la estructura muscular desde periodos tan cortos como 7 días¹⁴⁻¹⁶.

Cabe señalar que estos incrementos en las mediciones perimétricas presentados al finalizar el protocolo de investigación son concordantes con la definición de hipertrofia crónica dada por Wilmore et al³, esto debido a que la medición final fue realizada dos días después de la última sesión de ejercicio que fue llevada a cabo por los sujetos participantes del estudio.

Es posible que en los casos en los que las mediciones perimétricas no mostraron cambios o que reflejaron disminución en la circunferencia de los miembros superiores se presentara un cambio en la composición corporal², lo cual podría ser determinado con herramientas más precisas, como los estudios de imagen, específicamente la ecografía y la imagen por resonancia magnética^{10,12-16, 18,19, 32, 34-36} aunque esto incrementaría de manera significativa los costos de la investigación.

Wilmore et al³ y López et al² exponen que existen diferencias de opinión respecto al papel que juega el daño muscular de origen mecánico en los procesos que producen hipertrofia como una adaptación en respuesta a los altos niveles de estrés mecánico a los que se ven sometidas las diferentes estructuras del cuerpo al realizar ejercicio. Mientras que, por su parte, los diversos estudios en los que se basaron Loenneke et al⁸ para realizar su análisis mencionan que las cargas necesarias para producir estas mismas adaptaciones al realizar Entrenamiento Oclusivo pueden ser tan bajas como entre el 20 y el 50% de la fuerza máxima del individuo, mismas intensidades que resultarían equivalentes a las que se presentan durante la ejecución de actividades físicas cotidianas y que además demostraron no generar alteraciones en los marcadores sanguíneos de daño muscular¹⁸, lo cual es sustentado por los resultados presentados en esta investigación.

Capítulo 6 Conclusiones

Tras realizar el análisis de los resultados arrojados por la investigación y llevar a cabo la discusión de los mismos, se presentan las siguientes conclusiones:

- La Aplicación Práctica del Entrenamiento Oclusivo resultó ser una herramienta efectiva y viable para producir incrementos en la circunferencia de los miembros superiores de sujetos sanos.
- A través de este método fue posible obtener aumento en la fuerza máxima de tríceps, aunque no de bíceps, y mejoría en la Fuerza Resistencia tanto de bíceps como de tríceps.
- La aplicación de esta técnica de entrenamiento se presenta como una posible alternativa de bajo costo que permitiría desarrollar hipertrofia muscular y fuerza a individuos que por cuestiones patológicas se ven impedidos para la realización de entrenamiento de fuerza tradicional.

6.1 Limitaciones y Sugerencias del Estudio

- Es necesario llevar a cabo más investigación, específicamente cuanto se refiere a los aspectos de seguridad y su aplicación en personas que presentan alguna patología, con la finalidad de poder establecer medidas de precaución, contraindicaciones relativas y absolutas que permitan extender su aplicación sin atentar contra la integridad del individuo.
- Resultaría conveniente analizar casos específicos que presenten características que permitan su aplicación en sujetos que cursan procesos patológicos, con la finalidad de ofrecerles una alternativa de tratamiento.
- Sería de gran utilidad el poder replicar el presente estudio con una muestra más amplia y variada.
- Podría obtenerse información importante de realizarse un estudio comparativo entre esta y otra modalidad de entrenamiento o al incluir una mayor gama de mediciones de contar con la posibilidad de llevarlas a cabo.

Referencias Bibliográficas

1. Hall JE. Tratado de fisiología médica, 12a ed. España: Elsevier; 2011.
2. López CJ, Fernández VA. Fisiología del Ejercicio, 3a ed. Madrid, España: Médica Panamericana; 2006.
3. Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte, 6a ed. España: Paidotribo; 2007
4. Kisner C, Colby LA. Ejercicio terapéutico. Fundamentos y técnicas, 5a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2010.
5. Thibaudeau, C. and Schwartz, T. (2007). El libro negro de los secretos de entrenamiento. Saint-Raymond, Québec: Editorial F. Lepine
6. Bompa TO. Periodización del entrenamiento deportivo, 3a ed. España: Paidotribo; 2016.
7. Bernal Ruíz, L. Oposiciones de fisioterapia [Internet]. 1a ed. Madrid; [citado el 18 de noviembre del 2015]. Disponible en: <http://bernal.pro/fisio/fisioposiciones>.
8. Loenneke JP, Pujol TJ. The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy. Strength and Conditioning Journal, 31(3): 77-84, 2009.
9. Sato Y. The history and future of KAATSU training. Int. J. Kaatsu Training Res. 2005; 1(1).
10. Loenneke, J., Kearney, M., Thrower, A., Collins, S. and Pujol, T. (2010). The Acute Response of Practical Occlusion in the Knee Extensors. J Strength Cond Res, 24(10), pp.2831-2834.
11. Loenneke J, Balapur A, Thrower A, Barnes J, Pujol T. The Perceptual Responses to Occluded Exercise. Int J Sports Med. 2010;32(03):181-184.
12. Takarada Y, Takazawa H, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. J Appl Physiol (1985). 2000;88(6):2097-2106.
13. Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y. and Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. Clin Physiol Funct Imaging, 30(5), pp.338-343.
14. Fujita T, Beekley M, Sato Y, Abe T. Muscle Size and Strength are Increased after One Week of Twice Daily KAATSU Resistance Training. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(Supplement): S283.

15. Fujita T, Brechue W, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J Kaatsu Training Res.* 2008;4(1):1-8.
16. Abe T, Beekley M, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2005;1(2):71-76.
17. Sale, D. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(Sup 1), pp.S135-S145.
18. Abe T, Kearns CF, Sato Y. (2006) Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*;100(5):1460-1466.
19. Abe, T., Kawamoto, K., Yasuda, T., Kearns, C., Midorikawa, T. and Sato, Y. (2005). Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *Int. J. Kaatsu Training Res.*, 1(1), pp.19-23.
20. Meyer, R. (2006). Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle?. *J Appl Physiol*, 100(5), pp.1443-1444.
21. Moritani T, Michael-Sherman W, Shibata M, Matsumoto T, Shinohara M. (1992) Oxygen Availability and Motor Unit Activity in Humans. *Eur J Appl Physiol* 64: 552-556.
22. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N, (2000) Rapid Increase in Plasma Growth Hormone After Low-intensity Resistance Exercise with Vascular Occlusion. *J of Appl Physiol* 88. 61-65.
23. Kraemer W, Marchitelli L, Gordon S, Harman E, Dziados J, Mello R et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol.* 1990;69(4):1442-1450.
24. DeVol D, Rotwein P, Sadow J, Novakofski J, Bechtel P. Activation of insulin-like growth factor gene expression during work-induced skeletal muscle growth. *Am J Physiol.* 1990;259(1):E89-E95.

25. Isgaard J, Nilsson A, Vikman K, Isaksson O. Growth hormone regulates the level of insulin-like growth factor-I mRNA in rat skeletal muscle. *J Endocrinol.* 1989;120(1):107-112.
26. Turner J, Rotwein P, Novakofski J, Bechtel P. Induction of mRNA for IGF-I and -II during growth hormone-stimulated muscle hypertrophy. *Am J Physiol.* 1988;255(4): E513-E517.
27. Naito H, Powers S, Demirel H, Sugiura T, Dodd S, Aoki J. (2000). Heat Stress Attenuates Skeletal Muscle Atrophy in Hindlimbunweighted Rats, *J Appl Physiol* 88: 359-363.
28. McPherron A, Lawler A, Lee S. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature.* 1997;387(6628):83-90.
29. McPherron A, Lee S. Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1997;94(23):12457-12461.
30. Schuelke M, Wagner K, Stolz L, Hubner C, Riebel T, Komen W et al. Myostatin mutation associated with gross muscle hypertrophy in a child. *N Engl J Med.* 2004; 350:2682-2688.
31. Kawada S e Ishii N. Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37:1144-1150.
32. Lowery RP, Joy MJ, Loenneke JP, de Souza EO, Machado M, Dudeck JE et al. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014; 34(4)
33. Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H. and Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport*, 12(1), pp.107-112.
34. Takarada, Y., Takazawa, H. and Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), pp.2035-2039.
35. Madarame, H., Kurano, M., Takano, H., Iida, H., Sato, Y., Ohshima, H., Abe, T., Ishii, N., Morita, T. and Nakajima, T. (2010). Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging*, 30(3), pp.210-213.
36. Takarada, Y., Sato, Y. and Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 86(4), pp.308-314.

37. Goldfarb, A., Garten, R., Chee, P., Cho, C., Reeves, G., Hollander, D., Thomas, C., Aboudehen, K., Francois, M. and Kraemer, R. (2008). Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol*, 104(5), pp.813-819.
38. Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., Meguro, K., Sato, Y., Nagata, T. and KAATSU Training Group, (2006). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *Int. J. KAATSU Training Res*, 2(1), pp.5-13.
39. Manini, T. and Clark, B. (2009). Blood Flow Restricted Exercise and Skeletal Muscle Health. *Exerc Sport Sci Rev*, 37(2), pp.78-85.
40. Hall CM, Brody LT. Ejercicio Terapéutico. Recuperación Funcional, 1era ed. Badalona, España: Paidotribo; 2006.
41. Ordoñez Reaño ME. Influencia de los procedimientos invasivos en el desarrollo de la sepsis neonatal. *Rev Peru Pediatr* 2000; 53(1-4).
42. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio M del P. Metodología de la Investigación, 5a ed. México: McGraw-Hill; 2010.
43. Comisión de Ética de la Facultad de Medicina de la UNAM, División de Investigación. Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación médica (Modificado). Disponible en: <http://investigacionfacmed.com.mx/wp-content/uploads/2015/03/consentimientoInformadoParaParticiparEnUnEstudioDeInvestigacionMedica.pdf>. Recuperado el 6 de octubre del 2015.
44. Wilson, J., Lowery, R., Joy, J., Loenneke, J. and Naimo, M. (2013). Practical Blood Flow Restriction Training Increases Acute Determinants of Hypertrophy Without Increasing Indices of Muscle Damage. *J Strength Cond Res*, 27(11), pp.3068-3075.
45. González, P. and Ceballos, J. (2003). Manual de Antropometría. Cuba: Instituto Superior de Cultura Física "Manuel Fajardo", p.21.

Anexos

Anexo 1: Consentimiento Informado

Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación Fisioterapéutica

Título del protocolo: Uso de la Aplicación Práctica del Entrenamiento Oclusivo para Producir Hipertrofia Muscular en Miembros Superiores.

Investigador principal: Ángel Sánchez Figueroa

Sede donde se realizará el estudio: Clínica de Fisioterapia de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad León, de la UNAM.

Nombre: _____

A usted se le invita a ser parte de un programa de investigación fisioterapéutica. Para decidir si desea o no participar debe de conocer cada uno de los aspectos a tratar y sentirse libre de preguntar cualquier duda que le surja. Una vez que haya comprendido y si usted desea participar, se le pedirá que firme esta carta de consentimiento, de la cual recibirá una copia firmada y fechada.

La finalidad de este estudio de investigación es utilizar la aplicación práctica del Entrenamiento Oclusivo para producir hipertrofia muscular.

1. Justificación del estudio:

Los programas de entrenamiento tradicionales pueden llegar a ser demasiado agresivos para ser aplicados a pacientes que acuden a tratamiento fisioterapéutico. El entrenamiento oclusivo por su parte se caracteriza por crear mejoras adaptativas similares a las que produce un entrenamiento de alta intensidad utilizando cargas extremadamente bajas, por lo que se presenta como una opción viable de alto potencial terapéutico.

2. Objetivo del estudio:

El presente estudio tiene por objetivo producir mejoras en la fuerza de los participantes del mismo, provocar hipertrofia muscular y cimentar las bases teóricas que

posteriormente permitan aplicar esta técnica de entrenamiento en pacientes de fisioterapia, ampliando la gama de herramientas con las que cuenta un fisioterapeuta para brindar un servicio óptimo.

3. Beneficios del estudio:

Este estudio pretende beneficiar a sus participantes a través del aumento de fuerza e hipertrofia muscular, que serán resultado de las respuestas adaptativas al ejercicio y que se verán reflejadas en su aspecto físico. Además, conocerán una técnica de entrenamiento relativamente poco difundida pero que tiene un gran potencial terapéutico.

4. Procedimientos del estudio:

Para llevar a cabo el estudio se realizarán dos valoraciones, una inicial y una final, y se realizará un protocolo de ejercicio que constará de dos sesiones semanales, todo durante un lapso de 6 semanas.

El estudio comenzará con la recopilación de datos que permitirán realizar el llenado de la ficha de identificación del participante. Posteriormente se procederá con la primera valoración que costará de la medición de perímetros de miembros superiores, seguido de un calentamiento breve y de la ejecución de pruebas para determinar la 1RM de cada uno de los participantes. El mismo procedimiento será repetido en la valoración final.

Durante las sesiones de entrenamiento se realizarán entre 3 y 5 series ejecutando repeticiones al fallo, de dos ejercicios para miembro superior, esto en condiciones de restricción de flujo sanguíneo.

5. Riesgo asociado con el estudio:

En la literatura publicada con respecto al entrenamiento oclusivo no se encuentra registro de efecto adverso alguno, sin embargo, es importante mencionar que dada la naturaleza de la técnica podrían presentarse algunas reacciones propias a la restricción del flujo sanguíneo como pueden ser: parestesias en el miembro en cuestión, cianosis, eritema y/o dolor muscular de aparición tardía como consecuencia del ejercicio, todos ellos de manera transitoria.

Aclaraciones:

- La participación en la investigación es totalmente voluntaria.
- Si acepta participar, puede decidir dejar el tratamiento en cualquier momento.
- Los gastos son cubiertos por el investigador por lo que el tratamiento es totalmente gratuito.
- No recibirá ningún beneficio económico por participar.
- Toda la información recolectada será con fines académicos y la información de los pacientes es de carácter confidencial.
- El paciente puede preguntar en cualquier punto del tratamiento como ha sido su evolución.

6. Carta de consentimiento informado:

Yo _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y 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. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Nombre y firma del participante

Fecha

Investigador

Fecha

He explicado al Sr(a) _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado a 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.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Anexo 2: Formato de recolección de datos

Nombre: _____ Número: _____

Género: M / F Edad: _____ Presión Arterial: _____

Perimetría

	Izquierda		Derecha	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Circunferencia en Reposo	cm.	cm.	cm.	cm.
Circunferencia Máxima	cm.	cm.	cm.	cm.

1 RM Inicial	Bíceps			Kgs.	Sesión 5:	Bíceps				Reps.
	Tríceps			Kgs.		Tríceps				Reps.
Sesión 1:	Bíceps			Reps.	Sesión 6:	Bíceps				Reps.
	Tríceps			Reps.		Tríceps				Reps.
Sesión 2:	Bíceps			Reps.	Sesión 7:	Bíceps				Reps.
	Tríceps			Reps.		Tríceps				Reps.
Sesión 3:	Bíceps			Reps.	Sesión 8:	Bíceps				Reps.
	Tríceps			Reps.		Tríceps				Reps.
Sesión 4:	Bíceps			Reps.	1 RM Final:	Bíceps				Kg.
	Tríceps			Reps.		Tríceps				Kg.

Anexo 3: Cronograma de Actividades

Actividad	Agosto 2015				Septiembre 2015				Octubre 2015				Noviembre 2015				Diciembre 2015			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección de Fuentes Bibliográficas	■	■	■	■																
Formulación del marco Teórico	■	■	■	■	■	■														
Definición del Protocolo de Investigación			■	■	■	■	■	■												
Captura de Pacientes									■	■	■	■								
Aplicación del Protocolo													■	■	■	■	■			
Análisis De Resultados																	■	■	■	
Entrega de Informe																		■	■	

Periodo in hábil.

Anexo 4: Calendario de Actividades del Protocolo de Investigación

Semana	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
0	Oct 25	26	27	28	29	30	31
1	Nov 1	2	3	4	5	6	7
2	8	9	10	11	12	13	14
3	15	16	17	18	19	20	21
4	22	23	24	25	26	27	28
5	29	30	Dic 1	2	3	4	5
6	6	7	8	9	10	11	12

 Día de Valoración
 Sesión de Ejercicio