

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**



**ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO EN BASQUETBOLISTAS:  
EFECTOS SOBRE FUERZA EXPLOSIVA, FUERZA MÁXIMA, MASA  
MUSCULAR Y MASA GRASA**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA:**

**M.C. NAYRO ISAAC DOMÍNGUEZ GAVIA**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. RAMÓN CANDIA LUJÁN**

**CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO, FEBRERO 2023**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

El que suscribe, integrante del Núcleo Académico del Programa de Doctorado Interinstitucional en Ciencias de la Cultura Física de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

### CERTIFICA

Que el presente trabajo titulado “Entrenamiento excéntrico en basquetbolistas: efectos sobre fuerza explosiva, fuerza máxima, masa muscular y masa grasa”, ha sido realizado bajo mi dirección en Chihuahua, Chih. Por el **M.C. Nayro Isaac Domínguez Gavia**, para optar por el grado de:

### DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA

Esta es una investigación original que ha sido realizada con rigor ético y científico, por lo que **autorizo** su presentación ante el grupo de sinodales correspondiente.

Para los fines a que haya lugar, se extiende la presente a los catorce días del mes de febrero de dos mil veintitrés.

Atentamente

“Educar para la vida, a través del movimiento”



**Dr. Ramón Candia Luján**

Doctor en Ciencias de la Cultura Física

FOD-UANL.

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

El que suscribe, **Dr. Edecio Pérez Guerra** integrante de los profesores invitados del Programa de Doctorado Interinstitucional en Ciencias de la Cultura Física de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

### **CERTIFICA**

Que el presente trabajo titulado “Entrenamiento Excéntrico en basquetbolistas: efectos sobre fuerza explosiva, fuerza máxima, masa muscular y masa grasa”, ha sido realizado bajo mi dirección en Chihuahua, Chih., por el **M.C. Nayro Isaac Domínguez Gavia** para optar por el grado de:

### **DOCTORA EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

Esta es una investigación original que ha sido realizada con rigor ético y científico, por lo que **autorizo** su presentación ante el grupo de sinodales correspondiente.

Para los fines a que haya lugar, se extiende la presente a los catorce días del mes de febrero de dos mil veintitrés.

Atentamente

“Educar para la vida, a través del movimiento”

  
**Dr. Edecio Pérez Guerra**

Doctor en Ciencias de la Cultura Física

Facultad de Cultura Física, Universidad de las Tunas

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

El presente trabajo “**Entrenamiento excéntrico en basquetbolistas: efectos sobre fuerza explosiva, fuerza máxima, masa muscular y masa grasa**” realizado por el **M.C. NAYRO ISAAC DOMÍNGUEZ GAVIA**, fue revisado por los docentes integrantes del Comité Tutorial quienes constataron y avalaron los cambios, avances y logros de esta investigación desde su inicio.

Asimismo; y de conformidad con el Reglamento Interno de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física, el Reglamento General de Estudios de Posgrado y el Reglamento General Académico de la Universidad Autónoma de Chihuahua, ha sido **APROBADO** para su presentación y defensa para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FISICA**

**COMITÉ TUTORIAL**




**Dr. Ramón Candia Luján**  
**Director de Tesis**

Facultad de Ciencias de la Cultura Física  
Universidad Autónoma de Chihuahua




**Dr. Edecio Pérez Guerra**  
**Codirector de Tesis**

Universidad de las Tunas



**Dra. Lidia Guillermina De León Fierro**  
**Asesora de Tesis**

Facultad de Ciencias de la Cultura Física  
Universidad Autónoma de Chihuahua



**Dra. Claudia Carrasco Legleu**  
**Asesora de Tesis**

Facultad de Ciencias de la Cultura Física  
Universidad Autónoma de Chihuahua



**Dra. Briseidy Ortiz Rodríguez**  
**Asesora de Tesis**

Facultad de Ciencias de la Cultura Física  
Universidad Autónoma de Chihuahua



**Dr. Javier Arturo Hall López**  
**Revisor Externo**

Universidad Autónoma de Baja California


Chihuahua, Chih., Febrero de 2023.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

El contenido del presente reporte de la investigación denominada “influencia del porcentaje de carga máxima en la activación muscular de la sentadilla”, realizado por el Máster en Ciencias del Deporte Víctor Hugo López Trujillo fue revisado y **APROBADO** por doctores externos al Comité Tutorial quienes constataron su calidad para ser presentado como opción a tesis de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**REVISORES EXTERNOS**

  
**Dr. Edecio Pérez Guerra**  
Universidad de las Tunas

  
**Dr. Javier Arturo Hall López**  
Universidad Autónoma de Baja California

Persona de Contacto: **M.C. Nayro Isaac Domínguez Gavia** Chihuahua, Chihuahua, México, Tel. +52 (614) 1979065, Correo electrónico: nax061292@gmail.com

Para citar en APA 7: Domínguez, N.I. (2023). *Entrenamiento excéntrico en basquetbolistas: efectos sobre fuerza explosiva, fuerza máxima, masa muscular y masa grasa* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Chihuahua].

## CARTA ANTIPLAGIO

**M.A.R.H. CARLOS JAVIER ORTIZ RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTE. -**

Por este conducto hago de su conocimiento que el trabajo de tesis titulado **“Entrenamiento excéntrico en basquetbolistas: efectos sobre fuerza explosiva, fuerza máxima, masa muscular y masa grasa”**, realizado por las suscritas como requisito para realizar la titulación del programa de **Doctorado en Ciencias de la Cultura Física**, en la **Facultad de Ciencias de la Cultura Física** de la Universidad Autónoma de Chihuahua, fue revisado de manera previa a su presentación y defensa ante el jurado correspondiente, a través de la herramienta anti-plagio denominada **iThenticate®**.

Con base en la revisión realizada y el análisis del reporte de las similitudes encontradas por dicho software, no se identificaron elementos originales contenidos en alguna obra de terceros que se hagan pasar como propios por el autor del trabajo recepcional. Por ello, se considera que este trabajo presentado es resultado del esfuerzo individual de su autor y que se emplearon las normas y protocolos de citación pertinentes en su desarrollo, por lo cual, no infringe derechos intelectuales de terceros.

Sin otro particular por el momento, quedo de Usted.

Atentamente,

  
M.C. Nayro Isaac Domínguez Gavia

Matricula 245541

Vo.Bo.

  
Dr. Ramón Candia Luján

Director de Tesis

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

Número de acta: 056

Número de matrícula: 245541

## UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA

En la ciudad de CHIHUAHUA, CHIH. a los 22 días del mes de MARZO del 2023, se reunieron en la:  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CULTURA FISICA**

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

Los señores profesores : **DRA. C. LIDIA GUILLERMINA DE LEON FIERRO, DR. C. EDECIO PÉREZ GUERRA, DR. C. RAMON CANDIA LUJAN, DRA. C. CLAUDIA ESTHER CARRASCO LEGLEU y DRA. C. BRISEIDY ORTIZ RODRIGUEZ.**



Bajo la presidencia del primero y fungiendo como secretario el último, para proceder AL EXAMEN DE GRADO de **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA CULTURA FISICA** del Candidato:

**NAYRO ISAAC DOMINGUEZ GAVIA**

quien para el efecto cumplió con anterioridad el requisito reglamentario siguiente:

**TESIS. ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO EN BASQUETBOLISTAS: EFECTOS SOBRE FUERZA EXPLOSIVA, FUERZA MÁXIMA, MASA MUSCULAR Y MASA GRASA**

Los señores sinodales replicaron al sustentante y terminada la réplica, después de debatir entre sí, reservada y libremente, lo declararon:

*Aprobado por Unanimidad de votos con mención honorífica*

Acto continuo, el presidente del jurado le tomó la protesta de ley.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
CULTURA FISICA  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y  
POSGRADO

*[Handwritten signatures and stamps of the exam board members]*

DRA. C. LIDIA GUILLERMINA DE LEON FIERRO  
President(a)

DR. C. EDECIO PÉREZ GUERRA  
Vocal 1

DR. C. RAMON CANDIA LUJAN  
Vocal 2

DRA. C. CLAUDIA ESTHER CARRASCO LEGLEU  
Vocal 3

DRA. C. BRISEIDY ORTIZ RODRIGUEZ  
Secretario(a)

M.A.R.H. CARLOS JAVIER ORTIZ RODRIGUEZ  
Director(a)

El C. Director que suscribe, certifica que las firmas que aparecen en esta acta son auténticas.

CHIHUAHUA, CHIH. a 22 de MARZO del 2023.

## DEDICATORIAS

Quiero dedicar esto primeramente a DIOS Y LA VIRGEN por permitirme recorrer y terminar esta aventura de mi vida estudiantil, a mi SEÑORA MADRE quien durante todos estos años ha construido mis alas con el plumaje de las suyas y no conforme con ello también me ha enseñado a volar MUCHAS GRACIAS por ser MADRE y PADRE a la vez y por NUNCA RENDIRTE a pesar de las adversidades, por estar ahí conmigo en momentos dulces y amargos, por ser mi juez más estricto, por enseñarme que el HONOR, LA DIGNIDAD y los PRINCIPIOS no se compran, no tengo con que agradecerte todo lo que has hecho por mí solo me resta decirte que TE AMO MUCHO.

A mi HERMANO a quien amo como un HIJO el cual me ha enseñado muchas cosas de la vida y he aprendido a luchar junto a él en todos los aspectos, muchas gracias por estar conmigo en todo momento, eres mi gran ORGULLO y te ADMIRO por todo lo que eres, TE AMO MUCHO HIJO, ya vamos a ser doctores.

Para concluir MUCHAS GRACIAS FAMILIA por dejarme tropezar para aprender más nunca me han dejado ni dejaran caer, no cabe duda que soy lo que soy por ustedes, me siento BENDECIDO por tenerlos a mi lado.

Estas palabras salen de lo más profundo de mi ser.....GRACIAS.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH por formarme como un profesionalista.

A la Facultad de Ciencias de la Cultura Física por la formarme en el ámbito del posgrado.

A mi director de tesis el DR. RAMÓN CANDIA LUJÁN por su apoyo, paciencia, afecto, conocimiento, confianza y libertad que me brindó durante este camino y por creer en el potencial de un servidor.

A los revisores de este documento: DRA. LIDIA GUILLERMINA DE LEÓN FIERRO, DRA. CLAUDIA ESTHER CARRASCO LEGLEU y DRA. BRISEIDY ORTÍZ RODRÍGUEZ muchas gracias por compartir su tiempo conmigo para lograr esta meta y por hacerme ver que siempre se puede mejorar. También, quiero agradecer a los revisores externos: DR. EDECIO PÉREZ GUERRA por tener esa pasión y apoyo hacia mi persona, y al DR. JAVIER ARTURO HALL LÓPEZ por su disposición para revisar este proyecto.

A todas esas personas que han estado conmigo a lo largo de mi vida y que me han apoyado de manera incondicional GRACIAS.

## **RECONOCIMIENTO INSTITUCIONAL**

El presente estudio se realizó con el apoyo del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, bajo la dirección del Dr. RAMÓN CANDIA LUJÁN y con la asesoría y colaboración de Integrantes del CA-104-ESTILOS DE VIDA SALUDABLE Y ACTIVIDAD FISICA: DR. RAMÓN CANDIA LUJÁN, DRA. LIDIA GUILLERMINA DE LEÓN FIERRO, DRA. CLAUDIA ESTHER CARRASCO LEGLEU y DRA. BRISEIDY ORTIZ RODRÍGUEZ.

# ÍNDICE

Resumen-----	1
Abstract-----	2
<b>Capítulo 1 INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Marco teórico -----	3
1.1.1. tipos de acciones musculares-----	4
1.1.2. Acciones musculares excéntricas versus concéntricas-----	7
1.1.3. Capacidad de carga de las acciones musculares-----	7
1.1.4. Activación muscular-----	9
1.1.5. Gasto energético de las acciones musculares-----	9
1.1.6. Acciones excéntricas y daño muscular-----	11
1.1.7. Fuerza-----	14
1.1.8. Entrenamiento de la fuerza-----	15
1.1.9. Clasificación del tipo de fuerza-----	17
1.1.10. Fuerza máxima-----	18
1.1.11. Fuerza explosiva-----	19
1.1.12. Evaluación de la fuerza explosiva y potencia muscular-----	21

1.1.13. Entrenamiento excéntrico-----	24
1.1.14. Metodologías utilizadas en el entrenamiento excéntrico-----	27
1.1.15. Adaptaciones al entrenamiento excéntrico-----	36
1.1.16. Ciclo estiramiento acortamiento-----	40
1.1.17. Masa muscular-----	42
1.1.18. Masa grasa-----	43
1.1.19. Basquetbol-----	43
1.2. Antecedentes-----	47
1.3. Planteamiento del problema-----	59
1.4. Justificación-----	60
1.5. Hipótesis-----	62
1.6. Objetivo general-----	62
1.7. Objetivos específicos-----	62

## **Capítulo 2 MÉTODO**

2.1. Sujetos-----	64
2.2. Diseño de investigación y variables de estudio-----	64

2.2.1. Variables independientes-----	66
2.2.2. Variables dependientes-----	66
2.3. Herramientas e instrumentos-----	66
2.4. Metodología y procedimiento-----	67
2.4.1. Plan de entrenamiento-----	67
2.4.2. Reclutamiento de los sujetos-----	69
2.4.3. Medición de masa muscular-----	70
2.4.4. Salto contra movimiento-----	70
2.4.5. Lanzamiento de balón-----	71
2.4.6. Repetición máxima-----	71
2.4.7. Medición de la potencia muscular-----	72
2.5. Análisis estadístico-----	73

### **Capítulo 3 RESULTADOS**

3.1. Características generales de los sujetos-----	74
3.2. Resultados generales de ambos grupos-----	75
3.3. Resultados del salto contra movimiento y lanzamiento de balón-----	76

3.4. Fuerza máxima-----	77
3.5. Resultados de la potencia muscular al 30% de la repetición máxima----	78
3.6. Resultados de masa muscular y masa grasa-----	79

## **Capítulo 4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN**

4.1. Hallazgos importantes-----	80
4.2. Fuerza máxima-----	81
4.3. Potencia muscular-----	84
4.4. Masa libre de grasa-----	93
4.5. Masa grasa-----	98
4.6. Conclusiones-----	99
4.7. Limitaciones del estudio-----	100
4.8. Futuras investigaciones-----	100
Referencias-----	101
Anexos-----	123

## RESUMEN

Introducción: El basquetbol es un deporte que se caracteriza por sus acciones intermitentes e intensas durante el juego, por ello, la capacidad de desarrollar potencia muscular es determinante. Objetivo: comparar los efectos de un entrenamiento excéntrico y uno concéntrico sobre la potencia muscular (PM), fuerza máxima (FM), masa muscular (MM) y masa grasa (MG) en jugadores de basquetbol. Método: participaron ocho jugadores entre 16-18 años de edad que formaron la selección de Chihuahua que participó en los juegos nacionales 2021. El estudio duró cinco semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales realizadas cada 48 horas, los ejercicios fueron sentadilla y *press* banca. Los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos, uno de ellos solamente realizó la fase excéntrica (EXC) y el otro la concéntrica (CON). Se midió la PM con el salto contra movimiento (CMJ), lanzamiento de balón (LB) y al 30% de la carga máxima en sentadilla y *press* banca. La FM mediante la 1RM. Resultados: hubo mejoras en el CMJ ( $P=0.01$ ), la PM en sentadilla ( $P=0.00$ ) y FM ( $P=0.00$ ) en ambos grupos, el EXC tuvo mayores ganancias en sentadilla en comparación con el CON ( $P=0.01$ ), el *press* banca solo mejoró en el CON ( $P=0.05$ ), por su parte el LB no presentó cambio. Sin embargo, no hubo diferencias al comparar los grupos entre sí. Conclusión: ambos entrenamientos producen efectos parecidos para el desarrollo de la PM y FM en este grupo de jugadores.

Palabras clave: Entrenamiento excéntrico; Entrenamiento concéntrico; Potencia muscular; Fuerza máxima; Basquetbol.

## ABSTRACT

Introduction: Basketball is a sport in which intermittent and intense actions are manifested during the game, therefore, the ability to develop muscle power is decisive. Objective: to compare the effects of eccentric training and a concentric training on muscle power (MP), maximum strength (MS), muscular mass (MM) and fat mass (FM) in basketball players. Method: participated eight athletes between 16-18 years old of Chihuahua team that participated in the 2021 national games. The training lasted five weeks with a frequency of two weekly sessions separated by 48 hours, the exercises were squat and bench press. The participants were randomly divided into two groups, one of them only performed the eccentric phase (EXC) and the other the concentric phase (CON). The EP was measured with the Counter Movement Jump (CMJ), Ball Throw (BT) and at 30% of the maximum load in squat and bench press. The MS through 1RM. Results: improvements were shown in the CMJ ( $P=0.00$ ), EXC in squat ( $P=0.00$ ) and MS ( $P=0.00$ ) in both groups, the bench press only increased in CON ( $P=0.05$ ). The BT did not present changes. However, there were no differences when comparing the groups with each other. Conclusion: both trainings produce similar effects for the development of EP and MS in this group of players.

Keywords: Eccentric training; Concentric training; Muscle power; Maximum strength; Basketball.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Marco teórico

Todo movimiento realizado por los seres humanos está mediado por la acción conjunta de diversos grupos musculares los cuales surgen gracias a los distintos tipos de acciones musculares. Regularmente, las acciones son llevadas a cabo soportando una carga externa, la cual puede ser positiva o negativa, es decir, concéntrica o excéntrica respectivamente (Vogt & Hoppeler, 2014). La eficiencia de cualquier acción realizada por el humano depende de la contribución de diferente manera de las acciones musculares isométricas, excéntricas y concéntricas (Ryschon et al., 1997). Un ejemplo de ello es cuando la carga y la tensión muscular son equivalentes y no hay presencia de movimiento, en este caso se trata de un estímulo isométrico, por otra parte, mientras que la carga es menor y el grupo muscular la puede movilizar se presenta una acción concéntrica lo que hace que el músculo se acorte y, por último, si la carga es superior y esta vence al musculo se hace presente la acción excéntrica la cual produce tensión al alargarse y estirarse la fibra muscular tratando de sostener la resistencia (Enoka, 1996). A su vez, cada acción realizada por el músculo esquelético se verá afectada por la capacidad contráctil del tejido muscular (Sale, 2002).

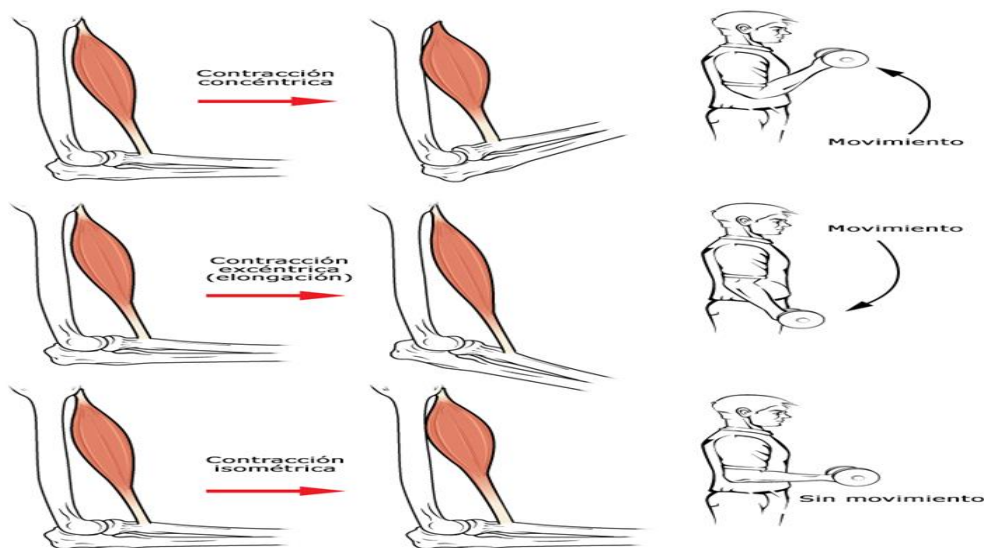
Uno de los grandes vacíos en el entrenamiento deportivo ha sido cuál de las acciones musculares son más efectivas para mejorar el rendimiento según lo que se

busca, sabiendo que las más utilizadas son las concéntricas al momento de planificar un entrenamiento deportivo.

### 1.1.1. Tipos de acciones musculares

El paradigma sobre la clasificación de las acciones musculares es muy amplio, siendo en ocasiones controversial sobre cuántos tipos existen y se manifiestan, por ello, el conocer y saber diferenciar entre cada una de ellas es de gran importancia en el ámbito de la preparación física y entrenamiento deportivo.

En 1925, Hill definió por primera vez a nivel fisiológico, dos tipos de acciones musculares esenciales para el movimiento humano: las acciones isométricas, en las cuales el músculo se mantiene sin modificar su longitud fibrilar, por otro lado, también describió las acciones isotónicas las cuales presentan dos fases, la concéntrica y la excéntrica. Así mismo, estableció que las acciones musculares excéntricas son aquellas que generan tensión para producir fuerza (Figura 1).



**Figura 1.** Acciones musculares (Elaboración propia)

Posteriormente en 1952, Asmussen mencionó dos tipos de trabajo muscular: el positivo (concéntrico) y el negativo (excéntrico), siendo de las primeras investigaciones para observar el comportamiento de las acciones musculares en la fisiología del ejercicio.

Las acciones musculares excéntricas son aquellas que producen tensión al aplicarse una carga que aumenta su longitud mientras que las acciones concéntricas tienen como principal característica que se acortan al producir fuerza para vencer una resistencia y realizar movimiento (Norrbrand et al., 2010)

Durante el ejercicio, el músculo tiene la capacidad de realizar diferentes acciones desde el punto de vista fisiológico, según Weineck (2005) las acciones musculares se dividen principalmente en: isométrica e isotónica, siendo estas últimas las que están más presentes en el deporte.

Bompa (2006) menciona que las contracciones musculares isotónicas son las más conocidas y utilizadas en el entrenamiento deportivo, estas a su vez se dividen en concéntricas y excéntricas, las primeras se presentan cuando la longitud del músculo se acorta, mientras que las segundas son aquellas en las que el músculo presenta una elongación. A su vez las contracciones isométricas son aquellas en las que la longitud del músculo no cambia y la tensión muscular es constante para producir o mantener la fuerza; por último, también menciona que las contracciones isocinéticas son aquellas en las que la velocidad del movimiento se mantiene constante, para ello, se requiere de equipo y máquinas especiales.

López y Fernández (2006) dictan que hay tres tipos de acciones musculares que permiten la producción de fuerza y movimiento en el ser humano, estas son: acción muscular dinámica concéntrica la cual es cuando hay una contracción muscular mediante el acortamiento del mismo, la segunda la describen como acción muscular dinámica

excéntrica cuando hay un estiramiento del músculo, y finalmente las acciones isométricas en las cuales la longitud del músculo no varía y la fuerza es igual a la resistencia externa debido a que no hay acción mecánica de movimiento.

La estimulación nerviosa provoca que los músculos activen su aparato contráctil, con base en ello, existen tres tipos de acciones musculares: isométricas que ocurren cuando el músculo no modifica ni produce movimiento debido a que no logra superar la resistencia externa, concéntricas cuando el músculo acorta su longitud y hay movimiento, por último las acciones excéntricas en las cuales también hay movimiento, sin embargo, a diferencia de las concéntricas, en esta ocasión el músculo se estira aumentando su longitud y tensión (McArdle et al., 2010).

Para un óptimo desarrollo de las capacidades relacionadas con las acciones musculares es importante hacer énfasis en el tiempo de ejecución, principalmente en sus dos tipos: la concéntrica y excéntrica, esto debido a que es el tiempo de trabajo en ambas fases lo que permite ganancias de hipertrofia, fuerza y potencia muscular permitiendo que se desencadenen diferentes tipos de respuestas, tanto nerviosas como musculares (Wilk et al., 2019).

En la mayoría de las acciones que se presentan en los deportes, hay muchos factores que son fundamentales para el rendimiento deportivo, entre esos factores están las acciones musculares de tipo excéntrico las cuales ayudan a frenar, y las acciones concéntricas las que ayudaran a acelerar, es por ello que los diferentes tipos de entrenamiento deben hacer hincapié en el desarrollo de ambas acciones presentes en el músculo (Núñez et al., 2018).

### **1.1.2. Acciones excéntricas en comparación a las acciones concéntricas**

Actualmente existe un debate a nivel científico entre los entrenadores, preparadores físicos y especialistas en fuerza y acondicionamiento sobre cuál tipo de acción muscular (excéntrica o concéntrica) es más efectiva para emplearse en la preparación de un atleta, para ello, se toman en cuenta algunas variables: la capacidad de carga y producción de fuerza; activación muscular; costo energético; aumento de hipertrofia, entre otras (Bogdanis et al., 2019).

### **1.1.3. Capacidad de carga y producción de fuerza**

Se sabe que las acciones excéntricas poseen una mayor capacidad de carga y fuerza en comparación a las concéntricas, la diferencia puede ser desde un 20% hasta un 60% mayor lo que permite movilizar cargas más pesadas (Hollander et al., 2007). Específicamente el músculo esquelético aquel que se caracteriza por generar mayor torque y fuerza en el estiramiento que en el acortamiento (Norrbrand et al., 2010).

Cuando el músculo presenta un alargamiento para producir tensión se presenta una mayor capacidad de carga en comparación con un acortamiento, sin embargo, esto varía en los seres humanos (Pasquet et al., 2000).

Papadopoulos et al. (2014) encontraron una mayor capacidad de carga y producción de fuerza cuando compararon un entrenamiento excéntrico versus uno concéntrico. Está bien establecido que la fase excéntrica produce mayores ganancias de fuerza en comparación a una acción máxima isométrica y concéntrica (Moore et al., 2007).

Seeger y Thorstensson (2005) establecen una mayor capacidad de torque y ganancias de fuerza al comparar un entrenamiento excéntrico contra uno concéntrico, siendo entre un 11%-33% mayor, por ello, manifiestan que las acciones excéntricas

poseen mucho mejores adaptaciones al entrenamiento de fuerza debido a la efectividad de adaptación al estímulo y carga.

Las acciones de carácter excéntrico generan mucho mayor capacidad de ejercer fuerza máxima a distintas velocidades de ejecución en comparación con las acciones concéntricas siendo una opción para el entrenamiento del desarrollo de la fuerza (Ben-Sira et al., 1995).

#### **1.1.4. Activación muscular**

La activación muscular durante el ejercicio excéntrico de carácter máximo es inhibida en comparación al ejercicio concéntrico el cual posee una mayor actividad electromiográfica (Douglas et al., 2017), además, se logran mayores niveles de fuerza con una menor activación muscular durante la acción muscular excéntrica comparado con la concéntrica (Ryschon et al., 1997).

Las acciones excéntricas tienen la capacidad de superar por mucho a las acciones concéntricas e isométricas cuando se habla en términos de esfuerzos máximos (Highbie et al., 1996). En comparación con las acciones concéntricas la fase excéntrica tiene mayores ganancias de fuerza siendo superior en el aumento de la capacidad de sobrecarga (Douglas et al., 2017).

La activación muscular es definida por el número de unidades motoras que se estimulan durante las acciones musculares, en este caso, con una carga similar la activación de las acciones excéntricas es menor que las concéntricas, lo que sugiere un mecanismo nervioso distinto (Highbie et al., 1996), sin embargo, la fase excéntrica mantiene un reclutamiento y activación selectiva de unidades motoras tipo IIx lo que conlleva mayor capacidad de carga (Zacharia et al., 2019).

La capacidad de activación muscular excéntrica no supera a la concéntrica, esto debido a factores como activación e inhibición de músculos agonistas y antagonistas, el reclutamiento de unidades motoras (Seger & Thorstensson, 2005). Uno de los fenómenos a los que se le atribuye mayor activación muscular en la contracción concéntrica es debido a que esta fase muscular debe vencer la gravedad presentando una mayor activación en el *sticking point* (punto de estancamiento por su significado, del inglés) el cual se presenta al tratar de vencer la resistencia para movilizar el peso, normalmente en las últimas repeticiones del ejercicio concéntrico (Norrbrand et al., 2010). La diferencia en la actividad electromiográfica entre las acciones musculares excéntricas y concéntricas se atribuye principalmente a la activación selectiva de unidades motoras (Pasquet et al., 2000).

Para Enoka (1996) la acción muscular excéntrica requiere menores niveles de activación nerviosa voluntaria al momento de lograr aplicar fuerza mediante la elongación en comparación con la contracción de carácter concéntrico variando en la magnitud del estímulo, además, la activación incompleta de las motoneuronas que inervan al musculo se debe a una estrategia única de activación nerviosa excéntrica.

A una misma carga las acciones concéntricas presentan una mayor actividad en el sistema nervioso contrario a las acciones excéntricas (Kraemer et al., 2006). Por otra parte, las acciones musculares excéntricas presentan mayor sincronización neuromuscular mediante un proceso selectivo (Hughes et al., 2016).

#### **1.1.5. Gasto energético de las acciones musculares**

Una de las variables a tomar en cuenta en la planificación del entrenamiento deportivo es la demanda metabólica y sustrato energético durante el ejercicio. En el entrenamiento de fuerza no es la excepción y una de las diferencias entre las acciones

musculares es la eficiencia energética de la fase excéntrica en comparación a la concéntrica.

Cuando un músculo se elonga durante la activación las respuestas a nivel energético son muy diferentes de aquellas acciones donde existe un acortamiento, por lo que, la fatiga es mucho mayor en el trabajo concéntrico que en el excéntrico (Pasquet et al., 2000).

La eficiencia de las acciones excéntricas radica en el bajo costo energético en comparación con las acciones concéntricas, esto debido a varios factores como el número de fibras musculares activadas ya que durante el trabajo excéntrico la gravedad ayuda a ejercer el movimiento (Abbott et al., 1952).

Hill (1925) estableció que las acciones musculares excéntricas liberan energía en forma de calor según la magnitud del estiramiento, entre más se elongaba el músculo, mayor calor era liberado, siendo de los primeros en observar dicho fenómeno, y hoy en día se sabe que el calor es energía que no se aprovecha por los componentes elásticos a nivel muscular.

Posteriormente en 1952, Asmussen manifestó que las acciones concéntricas gastaban entre 2.4 a 6.0 veces mayor energía que las acciones excéntricas. A su vez, Abbot et al. (1952) revelaron el coste energético de las acciones musculares excéntricas, encontrando mayor economía en comparación a las acciones concéntricas en un radio de trabajo de 1.0 a 7.4 respectivamente.

Se ha observado que las acciones excéntricas tienen una mayor capacidad de resistencia a la fatiga en comparación a las acciones concéntricas, por ello, el estrés metabólico generado es menor (Douglas et al., 2016). Además, a una misma carga de trabajo las acciones musculares de carácter excéntrico presentan una menor demanda



de energía en comparación al trabajo concéntrico, por ello, se recomienda usar cargas relativas para conocer el gasto energético total durante el ejercicio excéntrico (Kraemer et al., 2005).

Debido a una menor activación muscular las acciones excéntricas son menos propensas a la fatiga y a nivel metabólico las exigencias no son tan demandantes como las acciones concéntricas lo que las hace viables como método de entrenamiento con mayores ganancias con un menor gasto de energía (Suchomel et al., 2019).

#### **1.1.6. Acciones musculares y daño muscular**

El dolor muscular tardío (DOMS, por sus siglas en inglés *Delayed Onset Muscle Soreness*) es una lesión grado uno, se genera por distensión muscular que se manifiesta al sentir los músculos sensibles o adoloridos durante la palpación o el movimiento y que puede presentarse en cualquier músculo esquelético (Close, et al., 2005).

El daño muscular se presenta en mayor medida después de realizar acciones de predominancia excéntrica en comparación con las concéntricas. Un ejercicio de carácter excéntrico produce una ruptura fibrilar causando daño muscular debido al estiramiento del músculo (Howatson et al., 2007).

Castillo (2014) especifica que el ejercicio excéntrico causa daño a nivel contráctil muscular, además, altera la matriz extracelular y los componentes sarcoméricos.

El daño muscular es producto de realizar un ejercicio con mayor contenido de acciones excéntricas causando cambios en la morfología muscular y tejido conectivo. Dicho daño se manifiesta en las primeras ocho horas después de realizar ejercicio (Newham, 1988).

Luego de 48 horas de haber realizado un ejercicio de predominancia excéntrica se presenta un mayor daño y dolor muscular en comparación a un estímulo concéntrico o isométrico lo que impide el correcto funcionamiento muscular (Gulick & Kimura, 1996).

Después de realizar ejercicio excéntrico se presenta una inflamación en el tejido muscular debido al estiramiento excesivo lo que desencadena un estímulo en las terminaciones nerviosas del dolor (nociceptores), posteriormente, se presenta una respuesta inmune mediada por leucotrienos, citocinas, histaminas, prostaglandinas, bradicininas y especies reactivas de oxígeno, estas sustancias en conjunto son marcadores de daño muscular y celular, por ende, el DOMS tiene dos fases, una por daño mecánico en los elementos contráctiles lo que sería el EIMD\* (Exercise Induced Muscle Damage) y otra debido a la respuesta celular e inflamatoria, siendo un proceso de daño y regeneración (Sonkodi, et al., 2020).

Las acciones excéntricas presentan un efecto protector llamado *Repeated Bout Effect* el cual puede reducir el daño muscular en sesiones posteriores de ejercicios e intensidad similares (McHugh, 2003).

Nosaka & Newton (2002) realizaron una investigación para comparar el efecto de las acciones musculares excéntricas y concéntricas sobre el DOMS encontrando un mayor grado de daño después de realizar las acciones excéntricas teniendo mayores concentraciones de cinasas de creatina y aumento de la circunferencia del bíceps braquial, sin embargo, el ejercicio excéntrico induce un efecto protector cuando las repeticiones por ejercicio no son en gran cantidad, por ello, se establece que las acciones de carácter excéntrico presentan un mayor daño muscular y a su vez, un efecto protector contra estímulos excéntricos posteriores algo que el entrenamiento concéntrico no manifiesta. A su vez, Nosaka & Clarkson (2010) encontraron un mayor daño muscular en

el protocolo excéntrico contrastado con el concéntrico, además, manifestaron que hay un mejor nivel de recuperación y decremento del daño y dolor muscular cuando se realizan acciones excéntricas-concéntricas en comparación a la fase excéntrica aislada.

El daño muscular es inducido debido a una reducción de los sarcómeros en serie en las fibras musculares, además, se atribuye su aparición debido a un volumen e intensidad altos al aplicar un ejercicio de predominancia excéntrica. Un estudio realizado para comparar la relación del daño muscular entre acciones concéntricas y excéntricas arrojó que las acciones concéntricas realizadas antes de un ejercicio excéntrico no protegen contra el daño, al contrario, lo maximiza, sin embargo, la fase excéntrica *per se* causa mayor daño y a su vez, un mayor efecto protector que en las acciones concéntricas (Gleeson et al., 2003).

Fridden et al. (1996) encontraron una mayor presión intramuscular luego de realizar un ejercicio excéntrico en contraste con uno concéntrico, solo se manifestó dolor muscular luego de realizar el protocolo excéntrico concluyendo que la presión generada al ser mayor puede ser uno de los factores que producen el dolor muscular.

Brockett et al. (1997) compararon la capacidad de sensibilidad entre un ejercicio excéntrico contra uno concéntrico encontrando que hay una menor capacidad de sentir luego de realizar un ejercicio excéntrico, lo cual, se atribuye al daño muscular y ruptura de fibras musculares después de un estímulo excéntrico.

### **1.1.7. Fuerza muscular**

La fuerza es considerada como la capacidad física más importante debido a sus efectos residuales en el cuerpo humano, esta se necesita para realizar cualquier actividad de la vida cotidiana. En el ámbito deportivo tener una buena base de fuerza es indispensable e imperativo para desarrollar otras capacidades físicas como lo es la

potencia, la velocidad, la resistencia, entre otras. Por esta razón su entrenamiento es recomendado para cualquier deporte.

Desde el punto de vista mecánico se define fuerza a la capacidad de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo y desde lo fisiológico la fuerza es la capacidad que tiene el músculo para producir una tensión al activarse el cual puede estar internamente o externamente moviendo una resistencia o peso, además, la capacidad de un sujeto para poder producir fuerza, depende de factores como la edad, el sexo, entrenamiento, tipos de fibras musculares, entre otros (López y Fernández, 2006). Su entrenamiento es fundamental como base si se pretende mejorar el rendimiento deportivo, siendo predecesora para el desarrollo de las diferentes manifestaciones de fuerza según las necesidades del deportista (González-Badillo et al., 2017).

Por su parte, Bompa (2007) establece que la fuerza es esencial para mejorar el rendimiento deportivo, siendo la capacidad más importante para el desarrollo de la potencia y fuerza explosiva.

La fuerza es la capacidad muscular de ejercer tensión al activarse (Badillo y Ayestaran, 2002), mientras que Cervera (1999) la define como la habilidad de vencer o ir en contra de una resistencia aplicando tensión muscular.

Naclerio (2010) establece que desde el punto de vista mecánico la fuerza es toda acción capaz de provocar cambios en un objeto, por ejemplo, el humano puede moverse y soportar cargas externas gracias a que puede generar fuerza según sea su masa muscular, además la fuerza es una capacidad neuromotora indispensable y se cataloga como un factor esencial para el alto rendimiento deportivo.

Existe una relación que indica que un músculo entre más grande sea, mayor fuerza producirá, pero esta no siempre es una regla debido a que influyen factores como:

modelo de entrenamiento, tipos y porcentaje de fibras musculares, y ejercicios. El crecimiento muscular está mediado por dos factores: la hipertrofia que es el incremento en el tamaño de las fibras musculares y la hiperplasia que es el aumento del número de estas (Kraemer y Spiering, 2008).

La fuerza es imprescindible en cualquier disciplina deportiva, así como su desarrollo el cual dependerá del tipo de expresión de fuerza, cómo se va a trabajar y por último, aplicar las evaluaciones necesarias para su correcta planificación, o en última instancia, desarrollar un test que cumpla con las necesidades de lo que se está buscando en el deportista (García, 2007).

#### **1.1.8. Entrenamiento de la fuerza**

El entrenamiento de la fuerza, debe ser realizado en todos los programas que tengan como objetivo mejorar la calidad de vida y salud de quienes lo practican (Mosteiro y Domínguez, 2017). De manera sistemática, el entrenamiento de fuerza se ha ido proponiendo y tomando importancia como una medida preventiva en el área de la fisioterapia, además de ser un complemento en todos los niveles de rendimiento deportivo (Friedmann-Bette et al., 2010).

Para Roig et al. (2008) un atleta puede desarrollar la fuerza mediante ejercicios dinámicos los cuales involucren tanto a las acciones excéntricas como las concéntricas, o ejercicios estáticos en donde no hay movimiento, sin embargo, esto último no es muy común debido a la especificidad del entrenamiento ya que la gran mayoría de las disciplinas deportivas se desarrollan en movimiento (acciones musculares isotónicas).

El entrenamiento de la fuerza y resistencia muscular tiene como objetivo, generar ganancias de fuerza máxima y potencia muscular en atletas, sujetos no entrenados y personas de edad avanzada, además de estimular el aumento de la capacidad contráctil

en las diferentes acciones musculares: isométricas, excéntricas y concéntricas (Aagaard, 2010).

Actualmente el entrenamiento de la fuerza es fundamental para el desarrollo de la condición físico atlética del deportista (Martin, Carl y Lehnertz, 2007). Una de las ventajas del entrenamiento de fuerza es el desarrollo de capacidades nerviosas para la producción de torque, tanto en la etapa temprana como en la tardía en el proceso de entrenamiento (Oliveira et al., 2016).

El entrenamiento de la fuerza es focalizado en estimular al músculo para levantar cargas de peso o resistencia y es dirigido a todos los grupos musculares (Thompson et al., 2010).

Uno de los resultados que se busca con el entrenamiento de fuerza es la hipertrofia muscular que tiene como objetivo el aumento en el tamaño del músculo, la hipertrofia varía ya que puede ser mayor o menor según el porcentaje de fibras tipo IIx las cuales son las que tienden a hipertrofiarse, número de células satélite y mecanismos de señalización a nivel muscular (Kraemer, 2006).

El proceso de la metodología y preparación de la fuerza en cualquier disciplina deportiva, tiene como propósito mejorar los niveles de la misma, aumentar masa muscular y crear una base sólida para el desarrollo de otras capacidades físicas como la velocidad y potencia (Platonov y Bulatova, 2007).

Según Mirella (2006) el aumento de la fuerza muscular mediante un entrenamiento, va a depender de la intensidad y el volumen con que se realicen durante dicho periodo.

El desarrollo de la fuerza es imprescindible debido a que, en la mayoría de los gestos deportivos, ésta se aplica para acelerar, frenar o cambiar de dirección, ya sea hacia un objeto o contra un adversario en disciplinas que así lo requieran (Naclerio, 2010).

#### **1.1.9. Clasificación del tipo de fuerza**

La clasificación de las diferentes manifestaciones de la fuerza está dada por diversos procesos, tanto neurales como miógenos, que desencadenan una respuesta a nivel contráctil, por ello, la carga, cadencia y velocidad de ejecución están íntimamente relacionadas con las diferentes formas de manifestación de la fuerza. La fuerza es la base en todo programa de entrenamiento, un buen entrenamiento de fuerza general es condicionante en el desarrollo de la fuerza especial.

La fuerza desde el punto de vista de la planificación del entrenamiento y preparación física se cataloga en dos tipos, fuerza general la cual se entiende como la fuerza generada por todos los músculos independientemente del deporte, por otra parte, la fuerza específica es aquella que se ejerce en una modalidad deportiva determinada por grupos musculares específicos, no obstante, esta capacidad física debe ser entrenada de manera especial según su modalidad ya sea fuerza resistencia, fuerza máxima o fuerza rápida (Weineck, 2005).

Por otro lado, la fuerza se clasifica según su aplicación en: fuerza máxima, fuerza rápida o explosiva y fuerza resistencia, ambas de gran importancia para el desarrollo del rendimiento deportivo basándose en las necesidades de cada disciplina (Mirella, 2006).

#### **1.1.10. Fuerza máxima**

La fuerza máxima es una capacidad condicionante para su posterior conversión a fuerza explosiva y potencia muscular, estas dos últimas son capacidades físicas determinantes para un óptimo rendimiento en deportes que así lo requieran.

La fuerza máxima se describe como un esfuerzo de alta intensidad que se ejerce voluntariamente a nivel neuromuscular para lograr vencer una resistencia interna o externa (Weineck, 2005).

Es la expresión de fuerza máxima utilizada una sola vez para vencer o desplazar una resistencia externa (Badillo y Ayestaran, 2002), por otro lado, Naclerio (2010) establece que la fuerza máxima es el peso máximo que se puede movilizar en la fase de acortamiento muscular, por ende, esta capacidad ayuda al ser humano a vencer las fuerzas producidas por objetos externos, el propio peso corporal y el movimiento realizado al levantar pesas.

Se define como aquella fuerza que se desarrolla bajo condiciones de contracciones musculares máximas debido a la movilización de altas cargas (Stiff y Verkhoshansky, 2000), mientras que Raposo (2000) considera a la fuerza máxima como la mayor tensión que se produce al cargar altos pesos y a su vez existe una gran demanda del sistema nervioso.

Para desarrollar dicha capacidad, se necesitan mecanismos que son regulados desde el sistema nervioso, así como la coordinación intra e intermuscular, con ello se presenta un mayor reclutamiento de unidades motoras (Platonov y Bulatova, 2007).

Matveiev (2001) establece que el desarrollo de la fuerza máxima depende de diversos factores como el nivel de crecimiento muscular y el número de unidades motoras, así como la coordinación intramuscular.

Si la resistencia externa se puede superar solo una vez al momento de realizar el ejercicio, a eso se le conoce como fuerza máxima, por ello, hay fuerza máxima estática y dinámica, la primera se presenta cuando el sujeto ejerce una máxima contracción muscular voluntaria contra una resistencia que no puede vencer, mientras que la segunda



se define como la carga máxima que se puede movilizar voluntariamente y la cual tiene una secuencia motora (Weineck, 2005).

La evaluación de la fuerza máxima puede ser isométrica o dinámica. Dado que la mayoría de las acciones en los deportes implican movimiento muscular, es recomendable aplicar protocolos de evaluación dinámica, el más utilizado, sin duda, es la estimación de la RM (Repetición Máxima), sin embargo, se debe tener en cuenta que dicha prueba no pone atención en la fase excéntrica en su metodología, aun así, se le considera el estándar de oro en la planificación del entrenamiento de la fuerza (Brown y Weir, 2001).

#### **1.1.11. Fuerza explosiva**

Naclerio (2010) la define como la capacidad de producir fuerza a una velocidad elevada y en un corto tiempo lo que se traduce a potencia muscular, mientras que Badillo y Ayestaran (2002) la describen como la habilidad de mover cargas en el mínimo tiempo posible.

Por su parte Bosco (2000) define a la fuerza explosiva como la capacidad de las fibras musculares rápidas para manifestar fuerza y es una de las clasificaciones de la fuerza más importantes en el ámbito del entrenamiento.

Bompa (2007) define la fuerza explosiva como la relación de la fuerza y la velocidad, que permite la realización de gestos aplicando velocidad de ejecución en la carga durante el ejercicio, de esta manera, explica que la aceleración es primordial en el desarrollo de la potencia, además de ello, el desarrollo de dicha capacidad tiene que ver directamente con el tipo de deporte, mientras que en los de tipo acíclico la potencia se manifiesta durante un solo momento, en deportes cíclicos como aquellos que presentan

pruebas de velocidad, la potencia debe ser de manera rápida y así, mantenerse constante.

Platonov y Bulatova (2007) se refieren a la fuerza explosiva como la capacidad de las fibras rápidas para contraerse para producir fuerza donde la coordinación intramuscular debe ser muy precisa para el desarrollo de la potencia muscular.

Es aquella fuerza producida por movimientos rápidos, a su vez puede ser con cargas bajas ejecutadas a altas velocidades o movimientos rápidos para movilizar una carga grande (Stiff y Verkhoshansky, 2000). Por otro lado, Weineck (2005) la expresa como la capacidad a nivel neural y muscular para mover un cuerpo y aplicar fuerza a una velocidad máxima.

La fuerza explosiva es determinante para producir potencia muscular, tanto en el ámbito deportivo como en aspectos de la vida diaria, por ello su entrenamiento debe ser fundamental como una manifestación de la fuerza (Zacharia et al., 2019).

Uno de los principales objetivos del entrenamiento de la fuerza explosiva es mejorar la producción de torque y fuerza aplicada en deportes que lo requieran (Gonzalo-Skok et al., 2017).

El entrenamiento de la fuerza explosiva, induce cambios positivos en la producción de potencia muscular lo cual es muy importante en el rendimiento deportivo (Oliveira et al., 2016).

Una de las principales variables para el desarrollo de la fuerza explosiva es el incremento de la sección transversal de las fibras musculares de contracción rápida, en sus dos tipos: Ila y IIX (Bogdanis et al., 2018).

La fuerza explosiva también llamada potencia muscular está íntimamente ligada a su producción en las acciones musculares concéntricas, sin embargo, estas capacidades

también existen en su contraparte, la potencia muscular excéntrica, si bien no ha sido estudiada tan a fondo, está y aporta beneficios en deportes que así lo requieran (Laffaye y Wagner, 2013)

#### **1.1.12. Evaluación de la fuerza explosiva y potencia muscular**

En la actualidad, deportivamente hablando, la capacidad que tiene el cuerpo humano para producir potencia muscular está muy relacionada con el buen rendimiento y éxito deportivo, debido a ello, su evaluación (fuerza x velocidad) es una herramienta clave para los test aplicados en deportistas tanto en miembros torácicos superiores como en miembros pélvicos inferiores.

La capacidad de salto vertical es uno de los parámetros utilizados para la medición de la potencia muscular. Las dos pruebas que más se aplican en el ámbito deportivo son el salto desde sentadilla (*Squat Jump* por sus siglas en inglés SJ) y el salto contra movimiento (*Counter Movement Jump* por su acrónimo en inglés CMJ), sin embargo, en este último se pueden alcanzar mayores valores de altura debido al ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), según el ángulo articular y el movimiento con los brazos por lo que se relaciona con una ayuda extra en el momento del salto, por ello, las evaluaciones deben ser según el criterio y estandarización que se lleve a cabo por el investigador (Brown y Weir, 2001).

En una revisión llevada a cabo en 2018 por Contreras et al., se encontró que la mayoría de las evaluaciones para determinar la fuerza explosiva se realizan mediante el perfil de fuerza-velocidad, utilizando el CMJ y el SJ.

Probablemente la herramienta más usada en la metodología del entrenamiento deportivo para medir la fuerza explosiva en atletas es el CMJ, el cual ayuda a medir dicha

capacidad en el tren inferior, además es utilizado debido a que es muy sencillo de aplicar, no produce cansancio y no entorpece la planificación del atleta (Martínez et al., 2013).

Sin duda alguna, otro de los test más utilizados para medir la fuerza explosiva, ha sido el test de Bosco (1979) el cual consiste en realizar saltos desde un ángulo de 90° de flexión de rodillas, con cargas en aumento que van desde 0 a 200% del peso corporal, las mediciones se realizan en la plataforma de Bosco, la cual va conectada a un reloj para indicar el tiempo de vuelo, con ello y según las cargas, se evalúa la potencia de miembros inferiores (Bosco, 1987).

La determinación de las zonas para el entrenamiento de la fuerza explosiva y su evaluación deberán estar relacionadas con el peso del sujeto, para ello, el entrenamiento con cargas menores al 40% de la repetición máxima presenta mejorías para el desarrollo de la fuerza explosiva, se tiene como parámetro de evaluación los saltos con contra movimiento y con cargas crecientes, de esa manera se puede analizar y evaluar las intensidades óptimas para el entrenamiento o evaluación de la potencia muscular ( Naclerio, et al., 2009).

La velocidad de ejecución ante diferentes cargas es otro parámetro para la evaluación de la potencia muscular, siendo una de las variables más utilizadas para su medición, también, el *encoder* lineal es otra herramienta que ayuda en la medición, dicho dispositivo mide la velocidad de ejecución en m/s (metros sobre segundo), velocidad media, potencia pico, potencia máxima , entre otras, por ello es de mucha importancia su utilización ya sea para entrenar o evaluar, poniendo atención en la velocidad media de la primera repetición y en la pérdida de velocidad según el objetivo la cual no debe ser mayor al 10% (González-Badillo et al., 2011; González-Badillo y Sánchez- Medina, 2010).

Si bien, la gran mayoría, por no decir todas, las evaluaciones para determinar la producción de potencia están propuestas para su medición en la fase concéntrica, sin embargo, también existe la potencia excéntrica la cual nos arroja datos importantes y al parecer está más relacionada con la altura de salto debido a la velocidad de ejecución de esa fase (Laffaye y Wagner, 2013).

Lo que se busca mediante las evaluaciones de la potencia muscular es determinar la relación de la cantidad de fuerza aplicada y el tiempo empleado en su ejecución ya que esto es imprescindible en actividades deportivas en las que la potencia juega un papel fundamental para un correcto desempeño deportivo (Golas et al., 2016).

#### **1.1.13. Entrenamiento excéntrico**

En los últimos años el entrenamiento excéntrico ha tenido un mayor auge debido a sus beneficios en contraste con el entrenamiento tradicional (concéntrico), aunque, desde hace tiempo se comenzaron a vislumbrar dichos beneficios, entre ellos, se encuentran: una mayor capacidad de carga entre un 20%-60% mayor a la fase concéntrica, menor costo metabólico, mayor producción de fuerza con una menor actividad eléctrica a una misma carga, mayor reclutamiento de unidades motoras tipo IIx, mayor hipertrofia muscular, cambios en proteínas estructurales y adición de sarcómeros en serie. (Duncan et al., 1989).

El entrenamiento excéntrico se realiza bajo diferentes protocolos, el objetivo principal es desarrollar una tensión máxima durante el alargamiento del músculo, la cual es mayor que durante el acortamiento, por ello, hacer énfasis en la fase excéntrica es de suma importancia ya que aporta muchos beneficios para el rendimiento de los atletas (Beato et al., 2019).

El énfasis de la fase excéntrica en muchas ocasiones es infravalorada, por ello se recomienda incluir ejercicios que estimulen dicha fase en los programas de entrenamiento y preparación física para una mejora del rendimiento, además, por su naturaleza se pueden realizar diferentes protocolos para su aplicación (Mike, et al., 2015).

Las acciones musculares excéntricas ayudan a mejorar el rendimiento en la fase concéntrica durante el ciclo estiramiento-acortamiento ya que este es muy importante en las disciplinas deportivas en las que se necesita correr, saltar y lanzar, otro de los beneficios del entrenamiento excéntrico es la prevención de lesiones (Vogt & Hoppeler, 2014).

A pesar de que la estructura y dimensiones de los músculos es la misma, las diferencias de fuerza entre las acciones excéntricas y concéntricas son principalmente debido a la activación neural (Higbie et al., 1996).

El entrenamiento de fuerza con un protocolo excéntrico ha mostrado tener resultados positivos en distintas poblaciones. Debido a las adaptaciones generadas por sobrecarga y carga acentuada excéntrica, el entrenamiento excéntrico es un excelente aliado para mejorar el rendimiento en deportes de conjunto (McNeill & Gill, 2019).

Las acciones musculares excéntricas pueden ser empleadas por los entrenadores y preparadores físicos para mejorar el rendimiento en diferentes maneras, desde la prevención y rehabilitación de lesiones, así como la mejoría de la fuerza máxima y potencia muscular, todo ello mediante los diferentes protocolos de entrenamiento excéntrico (Cowell et al., 2012).

El tiempo bajo tensión en la fase excéntrica puede afectar sobre la fase concéntrica del movimiento, principalmente en la expresión de potencia muscular, además de ello, el estímulo que se aplique a la fase excéntrica y su transición hacia la fase concéntrica,

puede afectar el ciclo estiramiento acortamiento de las acciones musculares isotónicas, siendo más efectivo el entrenamiento excéntrico llevado a cabo mediante altas velocidades si el objetivo es aumentar la potencia muscular y la producción de fuerza (Wilk et al., 2019; Stasinaki et al., 2019).

Por su parte, Naclerio (2010) define a la fuerza excéntrica como la capacidad de generar tensión mientras el músculo se alarga al aplicarle una carga externa, esto ocurre en las llamadas acciones negativas de los ejercicios realizados con peso.

Los ejercicios de carácter de esfuerzo máximo haciendo énfasis en la fase excéntrica producen grandes cambios en hipertrofia y fuerza muscular (Goto et al., 2009).

Actualmente los programas del entrenamiento de fuerza, son principalmente, con ejercicios concéntricos y en un solo plano, mientras que, los ejercicios específicos en diferentes direcciones y con énfasis en la acción excéntrica deben ser aplicados al momento del entrenamiento (Gonzalo-Skok et al., 2017).

Las diferencias de fuerza entre la fase excéntrica y la concéntrica, son aproximadamente de un 20% a un 60%, por ello, muchos protocolos de entrenamiento se basan en la fase excéntrica para obtener mayores ganancias, además de que el incremento de carga es favorable debido a la fuerza de gravedad, la cual actúa a favor del movimiento, con ello habrá mejoras a la hora de realizar levantamientos, debido a esto, se recomienda trabajar en la fase excéntrica para lograr un mejor desempeño deportivo y prevenir lesiones. Para evaluar la fuerza máxima excéntrica, se estableció un protocolo basado en la cadencia y tiempo bajo tensión de esta fase, dicha prueba maneja que la fuerza máxima excéntrica es cuando el organismo no puede soportar tres segundos la carga durante el movimiento, debido a ello, las cargas de entrenamiento excéntrico, deben manejarse con base en su test específico y no con la fuerza máxima

concéntrica como parámetro (Hollander et al., 2007). Sin embargo, es muy difícil llevar a cabo tal medición, por lo que, regularmente los efectos del entrenamiento excéntrico son evaluados por medio del despliegue de la fuerza concéntrica.

El entrenamiento excéntrico tiene como principal propósito mejorar el rendimiento deportivo, ya sea mediante diversos protocolos entre los que destacan: sobrecarga excéntrica, entrenamiento acentuado excéntrico y pliométrico, si bien se buscarán mejoras en el rendimiento del atleta, se debe de tener en cuenta la temporada y objetivos del programa, tiempo bajo tensión y selección de ejercicios según sea el caso (Suchomel et al., 2019).

En la revisión realizada por Bridgeman et al. (2015) recomiendan el uso del entrenamiento excéntrico para mejorar diferentes capacidades físicas, entre ellas, la fuerza y la potencia muscular, además de ser una excelente opción para diferentes objetivos como: aumento de la masa muscular, prevención de lesiones, mejorar el rendimiento deportivo.

#### **1.1.14. Metodologías utilizadas en el entrenamiento excéntrico**

Actualmente el entrenamiento de la fuerza es fundamental en la base de la preparación física del atleta, para ello, existen diversas metodologías y tecnologías para su desarrollo mediante distintos protocolos para su aplicación en el deportista desde el uso de máquinas isocinéticas hasta el trabajo con saltos profundos, además de las variantes como sobrecarga excéntrica, entrenamiento acentuado excéntrico, isoinercial, entre otros, siempre y cuando se haga una correcta selección de ejercicios (Bridgeman et al., 2015).

Dependiendo el estímulo, el entrenamiento excéntrico se desarrolla mediante la movilización de cargas superiores al 85% de la repetición máxima (RM) lo que produce

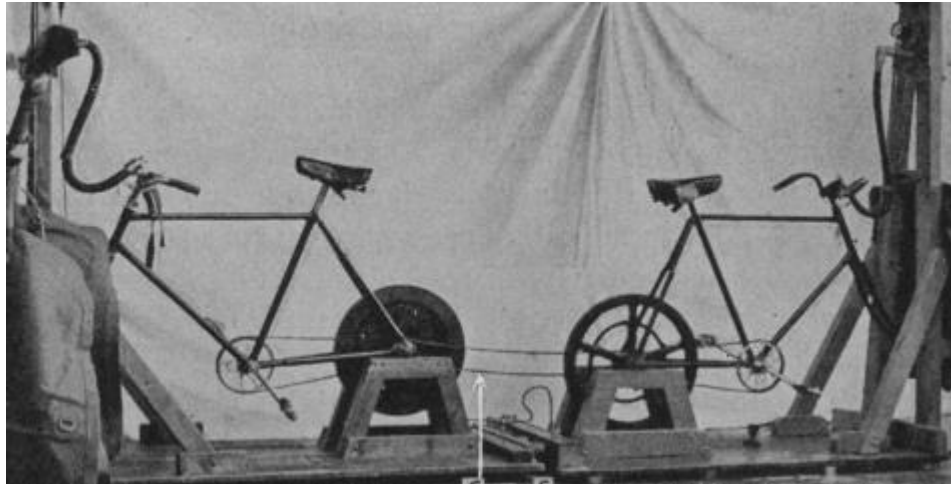


cambios novedosos en el atleta, a ese tipo de metodología en su aplicación se le denomina entrenamiento excéntrico supra máximo el cual solo hace énfasis en la fase excéntrica (Suchomel et al., 2019). Para una mayor ganancia de fuerza con porcentajes que no pueden ser movilizados en la fase concéntrica se utiliza la metodología con pesos arriba del 100% de la RM (Ben-sira et al., 1995).

Otro método es el entrenamiento con sobrecarga excéntrica el cual implica ambas acciones musculares (Excéntricas y concéntricas), sin embargo, al realizar la fase excéntrica se aplica una mayor carga y posteriormente la fase concéntrica se realiza con una carga menor (Friedmann-Bette et al., 2010).

En ocasiones solo se cuenta con pesos libres, una de las maneras de trabajar la fase excéntrica es darle un mayor tiempo bajo tensión que a la fase concéntrica (Hortobágyi, 2003).

Una de las primeras formas para cotejar las acciones musculares fue la descrita por Abbot (1952) quien utilizó un cicloergómetro en su investigación para determinar el coste energético al comparar las acciones musculares excéntricas y las concéntricas, para ello, utilizó dos bicicletas colocadas en dirección opuesta, esto con la finalidad de aislar las fases excéntricas y concéntricas, mientras un participante pedaleaba hacia adelante (concéntrica) el otro tenía que frenar (excéntrica) y de esa manera se trabajaban ambas acciones musculares (Figura 2).



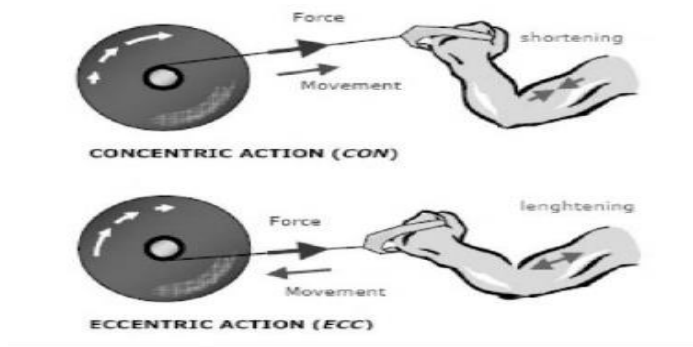
**Figura 2.** Cicloergómetro utilizado por Abbot (1952).

También, existen dispositivos isocinéticos (Figura 3) que mantienen una velocidad constante durante las acciones musculares, en el caso del entrenamiento excéntrico con estos dispositivos se han encontrado mayores ganancias de fuerza (Highbie et al., 1996). Estos dispositivos aíslan la fase excéntrica de manera automática mediante la descarga de la fase concéntrica y sobrecarga de la excéntrica teniendo una mejor cuantificación del trabajo realizado (Hortobágyi, 2003). Los dinamómetros isocinéticos mantienen una velocidad constante en cada repetición, sin embargo, en su mayoría solo se enfocan al ejercicio de extensión de pierna lo cual no permite variedad en sus ejercicios (Vidmar et al., 2020).



**Figura 3.** Máquina isocinética (Highbie et al., 1996)

Actualmente los dispositivos de carácter isoinercial (Figura 4) han cobrado auge al aplicarse en ejercicios con sobrecarga excéntrica, esta tecnología se basa en un disco giratorio que al efectuar la fase concéntrica no deja de girar, así, de esa manera, se estimula la fase excéntrica obligando a quien realiza el movimiento, a frenar y realizar la transición hacia la fase concéntrica (Mosteiro & Domínguez, 2017). A su vez, este tipo de entrenamiento es efectivo para acentuar la fase excéntrica a diferentes velocidades e inercias al momento del estiramiento muscular (Suchomel et al., 2019).



**Figura 4.** Principio de la tecnología isoinercial (Cortes, 2010).

El entrenamiento isoinercial ejerce un gran estímulo en la fase excéntrica lo cual es favorable para el desarrollo de la fuerza en comparación con el entrenamiento con pesos libres (Norrbrand et al., 2010). Uno de los factores importantes en la tecnología isoinercial es que permite una mayor aceleración al aplicar mayores niveles de fuerza, además, su funcionamiento estimula el ciclo estiramiento-acortamiento como una capacidad entrenable y, a su vez, presenta un menor riesgo de lesión para el deportista que lo utiliza (Cortes, 2010).

El *YoYo Squat* (Figura 6) es un dispositivo de carácter isoinercial con tecnología de discos giratorios el cual hace énfasis en la sobrecarga de las acciones excéntricas

mediante la inercia y conservación de la energía elástica en cada repetición ya que el torque es acentuado en la fase de frenado (Tinwala et al., 2017).



**Figura 6.** *YoYo Squat* (Tinwala et al., 2017).

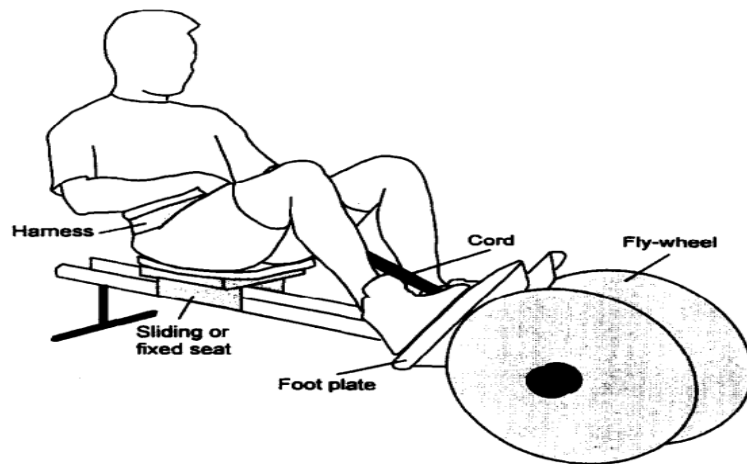
Otro dispositivo que se utiliza para el trabajo excéntrico es el *Versapulley* (Figura 7) el cual presenta una tecnología parecida al *YoYo Squat*, sin embargo, este consta de volantes que actúan sobre la masa, además, tiene una cuerda que está sujeta a una polea cónica la cual se enreda y se desenreda durante el movimiento manteniendo mayor inercia durante la fase excéntrica (Nuñez et al., 2017).



**Figura 7.** *Versapulley* (Núñez et al., 2017).

En 1994, Berg & Tesch manifestaron el uso de la tecnología isoinercial aplicada en el espacio ya que los astronautas al durar demasiado tiempo fuera de la tierra

necesitan una manera de ejercitarse, para ello, diseñaron un ergómetro (Figura 8) para trabajar el *Press* de piernas cuyo funcionamiento es mediante discos de inercia a dicho dispositivo le llamaron *Flywheel ergometry*, cabe destacar que esta tecnología se aplica para contrarrestar los efectos negativos de la microgravedad sobre la fuerza y masa muscular. A su vez, más tarde en 1998, de nuevo fueron Berg & Tesch quienes determinaron que el uso de su ergómetro es más efectivo que el entrenamiento tradicional ya que al utilizar pesos libres no se sobrecarga la fase excéntrica, además, el ergómetro permite un máximo esfuerzo en cada repetición estimulando la masa ósea, músculos y tendones ya que estos se ven afectados en viajes de larga duración espacial.



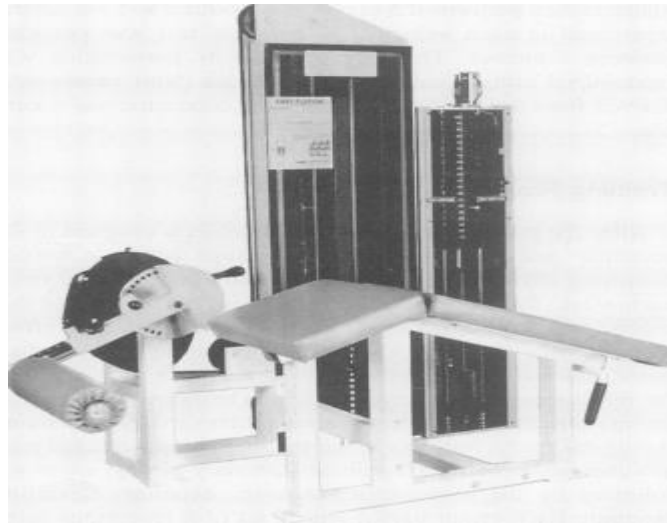
**Figura 8.** *Flywheel ergometer* de Berg & Tesch (1994)

Una de las ventajas de los dispositivos que trabajan mediante el volante de inercia es que no se necesitan las cargas máximas o basadas en la repetición máxima ya que la inercia y el momento de frenado hacen que la fase excéntrica se realice de una manera eficiente (Fisher et al., 2020).

Otro dispositivo para optimizar el entrenamiento excéntrico es el *Negator* el cual permite que la fase excéntrica se pueda trabajar de manera independiente sin cambiar la biomecánica de la maquinaria con la que se trabaje, el *Negator* permite incrementos de

2.3 kilos, uno de sus mecanismos es el asistir la fase concéntrica y posteriormente se aumenta el peso para sobrecargar la fase excéntrica (Barstow et al., 2003).

Kaminski et al. (1998) realizaron una investigación para comparar el trabajo excéntrico contra el concéntrico utilizando el dispositivo *Negator* que fue de las primeras investigaciones en adaptar dicho dispositivo a una máquina para trabajar el bíceps femoral encontrando que es una buena opción para el trabajo excéntrico (Figura 9).



**Figura 9.** Máquina *Negator* de Kaminski (1998)

A su vez, Norrbrand et al., (2010) utilizaron una máquina isoinercial *Flywheel* para determinar los efectos del entrenamiento en comparación con dispositivos convencionales encontrando mayores niveles de activación muscular con el dispositivo mediante la inercia.

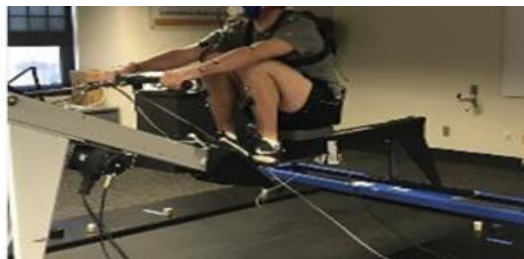
El *HandyGym* (Figura 10) es un dispositivo compacto de un kilogramo de peso que permite realizar diversos ejercicios con sobrecarga y acentuación excéntrica debido a que trabaja con el mismo principio del *Flywheel* mediante un volante de inercia y permite una carga de hasta 100 kilogramos lo que es una excelente opción para el trabajo excéntrico (Harper et al., 2021).



**Figura 10.** *Handy Gym* (Harper et al., 2021).

Básicamente el *YoYo Squat* y el *Versapulley* mantienen el mismo principio de inercia, sin embargo, se trabaja mediante discos o cordones amarrados a una polea cónica respectivamente (Fisher et al., 2020).

Bajo el mismo principio del *Flywheel Ergometer* se ha ideado un dispositivo llamado *Powered Rower Machine* (Figura 11) el cual es un aparato para simular el ejercicio de remo y, al realizar la fase de recuperación hay una tracción mediante el volante inercial para sobrecargar la acción excéntrica y de esa manera se trabaja todo el cuerpo ya que al realizar el remo se activan brazos y piernas (De las Casas et al., 2019).



**Figura 11.** *Powered Rower Machine* (De las Casas et al., 2019).

Algunos otros dispositivos trabajan de manera motorizada mediante una especie de grúa la cual levanta el peso sin que se realice esfuerzo en la fase concéntrica del movimiento, uno de esos dispositivos es el *Intelligence Motion Lifter* (Figura 12) que se utiliza en ejercicios como sentadilla, remo y *press banca* (Patterson & Raschner, 2020).



**Figura 12.** *Intelligence Motion Lifter* (Patterson & Raschner, 2020).

A pesar del desarrollo tecnológico también existen protocolos para el trabajo de la fase excéntrica, uno de esos métodos los *drop jump* y los *depth jump* (saltos en caída y profundos) que hacen énfasis en las acciones musculares excéntricas produciendo altos niveles de fuerza para estimular el ciclo estiramiento-acortamiento (Figura 13) sin la necesidad de equipo ni tecnología especial (Bridgeman et al., 2017).



**Figura 13.** *Drop jumps* (Bridgeman et al., 2017)

Otra manera de entrenar la fase excéntrica es la pliometría ya que se estimula la elongación y contracción muscular para producir potencia mediante saltos de manera unilateral y bilateral (Bogdanis et al., 2019).



Sin embargo, a pesar de todas las tecnologías antes mencionadas el uso de pesos libres es lo que se utiliza mayormente para realizar un entrenamiento excéntrico debido a su accesibilidad y bajo costo lo que es una opción para aplicar un protocolo excéntrico.

#### **1.1.15. Adaptaciones al entrenamiento excéntrico**

El término excéntrico fue añadido a la fisiología muscular en 1953 por Asmussen, lo cual se traduce literalmente como alejarse del centro, por ello cuando hay una acción excéntrica, el músculo tiende a alejarse, es decir, se alarga; cuando la fuerza que se aplica sobre un músculo es mayor que la fuerza que el mismo músculo produce, éste se alarga, absorbiendo la energía mecánica y almacenando energía elástica, aun así, es con un costo de energía muy bajo a pesar de la gran producción de fuerza (Lindstedt et al., 2001).

Entre los cambios generados por el entrenamiento excéntrico, se consideran los de tipo celular, mecánico y neurales; desde ruptura fibrilar y adición de sarcómeros en serie, respuestas inflamatorias, lo que está relacionado con un efecto protector llamado *Repeated Bout Effect* (McHugh, 2003).

En otro contexto, el entrenamiento excéntrico está relacionado con diferentes expresiones genéticas, una de esas manifestaciones se presenta en el gen ACTN3 (alfa actinina 3), según su genotipo, tiene efectos sobre la recuperación muscular, perfiles hormonales y bioquímicos. Uno de sus efectos, está relacionado con la respuesta de las cinasas de creatina ante un ejercicio, según los diferentes genotipos que se presentan en un ejercicio anaeróbico (Pimenta et al., 2012; Güereca-Arvizuo et al., 2020).

La metodología del entrenamiento excéntrico ha sido de gran interés entre los preparadores físicos y entrenadores, debido a que parece ser una buena herramienta para desarrollar la potencia muscular ya que induce diversas respuestas en el organismo,

de carácter neural y miogeno que son de gran ayuda para la producción de fuerza explosiva (Zacharia et al., 2019).

El entrenamiento excéntrico presenta diferentes adaptaciones que dependen de las propiedades morfológicas y funcionales a nivel muscular y tendinoso, entre los cambios más favorables está la hipertrofia muscular, y la potencia; por otro lado la prevención de lesiones mediante el entrenamiento excéntrico es gracias al fortalecimiento y modificaciones del aparato músculo tendinoso, debido a todo lo mencionado anteriormente se recomienda la aplicación del entrenamiento excéntrico en cualquier programa de preparación deportiva, ya que es de suma importancia por las adaptaciones neuromusculares que presentan (Douglas et al., 2017).

Las acciones musculares excéntricas que son realizadas mediante un régimen de volumen e intensidad alta, producen daño muscular tardío que es causado principalmente por factores mecánicos, así como la presencia de CK (cinasa de creatina) en el organismo, esto conlleva adaptaciones neurales, en tejido conectivo y en las fibras musculares (Carvalho et al., 2015).

Durante los ejercicios enfocados en la contracción excéntrica, se presentan biomarcadores musculares como la cinasa de fosfocreatina (CK) lo cual es un indicador de la actividad muscular (Meneghel et al., 2014).

Los músculos ejercen trabajo excéntrico para realizar diversas acciones que se refieren a frenar, disipar energía o almacenar el componente elástico para luego realizar una acción concéntrica más efectiva, ya que la energía producida durante la elongación muscular es muy alta, independientemente de que se gasten pocos sustratos para ello (LaStayo et al., 2003).

Durante las acciones excéntricas de mayor tiempo bajo tensión, se presentan menores concentraciones de lactato sanguíneo y cortisol, los cuales son indicadores de fatiga muscular y estrés, lo que produce mayores concentraciones de la hormona de crecimiento y testosterona libre (Goto et al., 2009).

El entrenamiento concéntrico y excéntrico, haciendo énfasis en la carga excéntrica produce una serie de adaptaciones musculares, principalmente que lo hace más rápido y fuerte, debido a la expresión del gen Ix miosín adenosín trifosfatasa, esto cuando se utilizan protocolos isocinéticos (Hollander et al., 2007).

Para Roig (2010) los adultos mayores tienen la capacidad de producir fuerza excéntrica preservando desde un 2% a un 48%, por ello, el entrenamiento excéntrico es benéfico para la estructura muscular en personas mayores sin importar la edad, eso ocurre mediante adaptaciones celulares y mecánicas que se presentan en el estiramiento de las acciones musculares excéntricas.

Las respuestas musculares inducidas por el entrenamiento excéntrico son adaptaciones a corto y largo plazo, que dependen en gran medida de varios factores como la genética, el tipo de ejercicio, la intensidad, volumen y grupos musculares ejercitados, por otra parte, existen señalizaciones celulares presentes en el daño y la reparación simultáneamente, así como el daño a la matriz extracelular en los componentes sarcoméricos y el tejido conectivo (Castillo, 2014).

Durante el ejercicio de carácter excéntrico, regularmente aparece el daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD por sus siglas en inglés), normalmente se presenta en las primeras ocho horas, sin embargo hay ocasiones en las que se prolonga hasta 48 horas después del ejercicio, esto depende de la intensidad y volumen que se aplique, aunque hay ocasiones extremas en las que el dolor se prolonga hasta por cinco

días, requiriendo reposo, esto se debe a una serie de procesos tanto mecánicos como celulares que ocurren durante y después del ejercicio excéntrico; las fibras musculares tipo II también se ven comprometidas y se ha observado mayor ruptura fibrilar, además de infiltraciones de CK ( Cinasas de creatina) hasta 12 días después del estímulo (Newham, 1988).

Connolly et al. (2003) manifiesta el interés sobre el entrenamiento excéntrico, principalmente por su relación con el dolor muscular, el cual está dado por la exposición a un estímulo excéntrico en etapas tempranas del ejercicio y a su vez los mecanismos de recuperación post ejercicio.

Otra de las adaptaciones que se presentan en el entrenamiento excéntrico es el dolor muscular tardío (DOMS por sus siglas en ingles) el cual se ve reflejado luego de 24-48 horas, además de ello, el entrenamiento excéntrico está asociado con una mayor ruptura fibrilar, desencadenando varias reacciones enzimáticas y metabólicas como altas concentraciones de cinasas de creatina en sangre (Wilmore y Costill, 2009).

Mosteiro y Domínguez (2017) establecen que el entrenamiento excéntrico presenta diversos cambios en el organismo, entre ellos, se encuentran: mayores niveles de hipertrofia muscular debido al daño ocasionado y con ello una mayor proliferación de células satélite las cuales inducirán una adaptación de tipo crónica, además de ello, es una excelente herramienta para la prevención de lesiones y tratamiento de sarcopenia, mediante un protocolo de carga isoinercial con el que se ha visto una mayor activación electromiográfica durante toda la fase del movimiento.

La sobrecarga y sobre estiramiento que ocurren en las acciones excéntricas dan como resultado un daño a nivel muscular, por su parte algunas funciones tanto estructurales como fisiológicas también se ven comprometidas, uno de los ejemplos más

conocidos es la ruptura de fibras lo que conlleva a una liberación de proteínas musculares en sangre y diferenciación de mioblastos para reparar el daño, no obstante también se presentan respuestas hormonales y metabólicas como el aumento de la enzima lactato deshidrogenasa hasta 120 horas después del ejercicio (Phillipou et al., 2017).

Durante la realización de acciones excéntricas hay adaptaciones de nivel elástico sobre los componentes en serie y paralelo en los músculos, que aumenta la actividad del reflejo miotático y elástico durante las acciones que así lo requieran (Wirth et al., 2015).

McNeill et al. (2019) manifiestan que, en deportes de equipo, los beneficios del entrenamiento excéntrico con la modalidad de sobrecarga y acentuado, han tomado popularidad debido a sus beneficios y adaptaciones neuromusculares que mejoran el rendimiento deportivo.

#### **1.1.16. Ciclo estiramiento acortamiento**

Los movimientos de los seres humanos, mayormente agrupan las acciones excéntricas y concéntricas, a ese acoplamiento se le conoce como ciclo estiramiento-acortamiento (Cowell et al., 2012).

En la gran mayoría de los movimientos que se efectúan en el deporte, las acciones musculares no son aisladas, sino una seguida de otra regularmente con el objetivo de aplicar mayor velocidad y potencia, en esos casos, se presentan los tres tipos de acciones musculares (excéntrica, isométrica, concéntrica) a ello se le conoce como el ciclo estiramiento acortamiento (CEA) o *stretch shortening cycle* (SSC), dicho ciclo se presenta principalmente en las acciones musculares que se realizan al efectuar saltos, golpes y lanzamientos (Naclerio, 2010).

Por otro lado, el CEA, es muy importante a nivel deportivo para la realización de acciones que requieren potencia muscular, es por ello que se debe aplicar a los

programas de entrenamiento deportivo para llegar a dicho fin, principalmente en miembros del tren inferior (Nuñez et al., 2018).

El CEA está presente en todas las acciones de la vida diaria como caminar, correr y saltar, presenta diferentes adaptaciones que son importantes para que se lleve a cabo, entre ellas, se encuentran los trabajos que involucran intensamente las contracciones excéntricas seguidas inmediatamente de una contracción concéntrica que es de gran importancia para desarrollar potencia muscular, en cuestiones del entrenamiento deportivo, a este tipo de acciones, se les conoce como pliometría, que es de mucho interés y lleva la ventaja para mejorar el rendimiento deportivo (Malisoux et al., 2006).

Esta respuesta neuromuscular está dada por diferentes adaptaciones en las unidades músculo tendinosas, principalmente se observa en ejercicios pliométricos, que son empleados para la mejora del rendimiento deportivo, en el CEA se pretende que la energía elástica se aproveche al máximo dando como resultado la potencia muscular (Suchomel et al., 2019).

Bosco et al. (1982) definen al CEA como una condición de tipo mecánica a nivel muscular que se almacena y libera energía elástica, lo que se ve reflejado en la fase concéntrica del movimiento.

Las acciones explosivas están directamente relacionadas con el CEA, por ello, según las necesidades del deporte, se puede dividir en un ciclo estiramiento acortamiento corto, menor a 250 milisegundos y un ciclo largo, mayor a 250 milisegundos, teniendo en cuenta la disciplina deportiva y el nivel de entrenamiento del atleta (Bridgeman et al., 2015). El acoplamiento del complejo excéntrico-concéntrico determinante en el CEA para

producir potencia muscular, específicamente en acciones como el salto vertical (Ong et al., 2016).

#### **1.1.17. Masa muscular y masa libre de grasa**

Dado que la masa muscular es el órgano más grande del cuerpo (40% de la masa total), es una variable que tiene mucha relación con otros procesos fisiológicos, por ello, el aumento de tamaño es muy importante en el desarrollo, además puede llevarse a cabo mediante un correcto entrenamiento de fuerza, incluso en personas débiles (Gottlob, 2007).

La masa muscular es el principal elemento estructural que determina la fuerza muscular (Shephard y Åstrand, 2007). La masa muscular se define como el aumento del tamaño del músculo esquelético (Goldberg et al., 1975).

La masa muscular está conformada por elementos proteicos y contráctiles lo que forma parte de la masa libre de grasa (MLG) y su evaluación es de suma importancia en cuestiones de antropometría enfocada al deporte. Por otra parte, la MLG está formada por elementos óseos, musculares y agua. La MLG se determina restándole al peso corporal la grasa corporal (Suverza y Haua, 2009).

La MLG según Wilmore y Costill (2014) es considerada como el remanente de tejidos corporales que corresponden a la masa grasa (MG).

#### **1.1.18. Masa grasa**

La masa grasa (MG) es la cantidad de la masa corporal total compuesta por tejido adiposo, la cual es una reserva de energía (Wilmore y Costill, 2014). Además, en la MG se encuentran todos los lípidos disponibles para la obtención de energía mediante su oxidación y es variable de persona a persona (Carrillo, 2011).

#### **1.1.19. Basquetbol**

En la actualidad el entrenamiento de fuerza en el jugador de basquetbol es prioridad para mantener un óptimo rendimiento deportivo (Santos & Janeira, 2008).

Una buena base de entrenamiento para el jugador de basquetbol radica en buenos niveles de fuerza y potencia muscular (Bonder & Shim, 2022).

El entrenamiento de fuerza debe ser imperativo durante la pretemporada, temporada y post temporada en jugadores de basquetbol para mantener un buen estado y forma deportiva (Chandler, 1986).

El basquetbol es un deporte con alto grado de complejidad que combina de manera intermitente diferentes gestos como tirar, entrar hacia el área de la canasta, y saltar, por ello la capacidad de producción de potencia muscular es determinante en este deporte (San Román-Quintana, et al., 2010).

Montgomery et al. (2008) manifiestan que el basquetbol es un deporte en el que se presentan acciones intensas e intermitentes de manera repetida acompañadas de aceleraciones y desaceleraciones que mantienen una constante carga excéntrica.

La eficiencia energética en el basquetbol es mediada por las diferentes acciones que se presentan durante el juego, estas van a depender de la capacidad anaerobia y aerobia a nivel muscular, además, biomecánicamente hay exigencias de aceleración, frenado, saltos y *sprints* presentes en la ofensiva y defensiva que realizan los jugadores (Altavilla & Raiola, 2019).

En un partido de basquetbol parece que el principal sistema energético es el aerobio, sin embargo, lo que realmente lleva al éxito y culminación positiva de las acciones de juego es el sistema anaerobio aláctico el cual se activa cuando se realizan *dribles*, saltos y corridas (López & López, 1994)



Durante un partido, un jugador realiza en promedio entre 30 y 70 saltos, para ello, requiere entrenar la potencia muscular ya que de esta se derivan otras acciones de juego (San Román-Quintana et al., 2010). Por su parte, al ser un deporte intermitente un jugador realiza en promedio un salto cada 52 segundos durante el juego (Ben Abdelkrim et al., 2007).

Las demandas metabólicas durante un partido de básquetbol son a causa de varios cambios de dirección y saltos, combinados en acciones ofensivas y defensivas ya que cada juego necesita mantener altas intensidades de manera repetida, por ello, es fundamental un buen nivel de condición física (Montgomery et al., 2008).

Algo muy importante al momento de planear un entrenamiento de fuerza en jugadores de basquetbol es conocer el sistema energético que se utiliza, sabiendo que no es un deporte continuo, por ende, sus requerimientos energéticos no son estables, todo depende de la intensidad y las acciones presentes durante el juego con altos índices de producción de fuerza explosiva (Nabli et al., 2017).

Durante un juego de básquetbol se acumula un promedio de 21% de trote moderado, un 20% de *sprints* y un 12% de saltos (Montgomery et al., 2008b).

Debido al tipo de acciones y expresiones de fuerza en el basquetbol moderno, se necesita entrenar la capacidad de salto en sus diferentes modalidades por lo que los jugadores necesitan mejorar su rendimiento deportivo (Cabanillas et al., 2020).

El baloncesto es uno de los deportes con altas necesidades de producción de fuerza explosiva, por ello se recomienda el trabajo de potencia, ya que es catalogado como un deporte con acciones intensas de corta duración (Gonzalo-Skok, et al., 2016). Es uno de los deportes de equipo en los que la potencia muscular del tren inferior es fundamental para un correcto rendimiento deportivo a nivel de juego ya que esta

capacidad física le permite al jugador mantener un mejor desempeño y posiblemente una menor fatiga residual entre cada acción ejecutada (Hernández, et al., 2018; Balsalobre-Fernández et al., 2015).

Uno de los objetivos del entrenamiento de fuerza y potencia en el basquetbol es evitar la pérdida de la capacidad de salto ya que durante el descanso y después de un partido hay decremento entre un 4.8 % a un 6.9% (San Román-Quintana et al., 2010).

Generalmente, para el entrenamiento de la potencia muscular se recomiendan dos métodos de entrenamiento: el desarrollo de la fuerza y el entrenamiento de la pliometría ya que el desarrollo de la capacidad de salto es imprescindible en jugadores de basquetbol (Santos y Janeira, 2008).

Un jugador de basquetbol necesita altos índices de fuerza explosiva, por ende, su trabajo de fuerza con altas cargas es primordial para desarrollar potencia muscular y así, poder mantenerla, se recomienda el entrenamiento de fuerza con cargas entre el 70% y el 80% de la repetición máxima (García-Chaves et al., 2021).

La periodización del entrenamiento de fuerza en el basquetbol es de índole imperativa ya que un atleta fuerte presenta un mejor rendimiento a nivel de cancha (Santos y Janeira, 2008). Debido a que la fuerza es considerada fundamental para el desarrollo de la potencia muscular, un atleta fuerte es más susceptible a producir potencia y generar fuerza en una ventana corta de tiempo (Haff y Nimphius, 2012).

Un correcto programa para el desarrollo de la fuerza en el baloncesto ayuda a mejorar el rendimiento deportivo, así como las habilidades que se presentan en un partido, por esa razón, en la etapa competitiva es fundamental mantener los estímulos de fuerza en sus diversas expresiones como fuerza máxima y fuerza explosiva (Faingenbaum et al., 2009).

Debido a las exigencias físicas que se requieren en el basquetbol, la periodización del entrenamiento de fuerza es necesaria para evitar la pérdida de la forma deportiva, por ello, la influencia que tienen los programas de corta duración sobre el rendimiento deportivo permite su aplicación en diversos periodos de la temporada y posttemporada, dicho esto, el entrenamiento de las capacidades físicas (Bogdanis et al., 2007).

Una correcta planificación del entrenamiento deportivo prolonga el rendimiento deportivo en basquetbolistas, la base de ello es un programa enfocado al desarrollo de la fuerza muscular ya que de ella se derivan otras capacidades y habilidades físicas que requiere el jugador tales como brincar, acelerar, frenar y cambiar de dirección (Tansel et al., 2008).

## **1.2. Antecedentes**

En años recientes las investigaciones se han enfocado en determinar los efectos del entrenamiento excéntrico sobre la fuerza máxima (Hollander et al., 2007); las respuestas hormonales (Philippou et al., 2017); el daño muscular y celular (Castillo, 2014) y potenciación post activación (DeKeijzer et al., 2020; Beato et al., 2019; Golas et al., 2016). Sin embargo, en lo que concierne a los efectos de este tipo de entrenamiento sobre la fuerza explosiva no está suficientemente estudiado.

En 1925, Hill investigó la producción de calor durante las acciones musculares excéntricas, en su estudio manifestó que entre más se estira un músculo y crea tensión en sus fibras este produce mayor cantidad de calor, sin embargo, hoy en día se sabe que el calor es una energía de desperdicio y que, a nivel muscular no favorece el almacenamiento de energía elástica para producir acciones musculares efectivas en la fase concéntrica, sin embargo, gracias a su estudio se pudo encontrar la eficacia de las acciones excéntricas.

Una de las bondades del entrenamiento excéntrico es el bajo costo energético y metabólico que se requiere para llevarse a cabo. Abbott et al. (1952) realizaron una investigación para conocer el consumo de oxígeno comparando el trabajo positivo (concéntrico) contra el trabajo negativo (excéntrico), su estudio se realizó en dos cicloergómetros en dirección opuesta, mientras un sujeto pedaleaba hacia adelante otro más frenaba como si pedaleara en reversa, en sus resultados encontraron que el trabajo negativo tenía mucho menor consumo de oxígeno en comparación al trabajo positivo concluyendo con la eficiencia del trabajo excéntrico.

A su vez, Asmussen (1952) llevó a cabo un estudio similar al de Abbot et al. (1952), en su investigación encontró que las acciones excéntricas son capaces de mantener bajas demandas energéticas en comparación con las acciones concéntricas, manifestó que a una misma intensidad de ejercicio y este se mantenga presenta una eficiencia de 2.4 a 6 veces menor, por otra parte, declaró que las acciones excéntricas revierten algunos procesos químicos, y de esa manera, son más efectivas.

En un estudio realizado por Maroto et al., (2017) en jugadores de handball, mediante un entrenamiento de sobrecarga excéntrica se observó que después de 6 semanas con un volumen de cuatro series de siete repeticiones hubo una mejora significativa en el salto vertical y salto contra movimiento y un aumento en la arquitectura del vasto lateral, esta intervención se realizó en dispositivos isoinerciales denominados *flywheel* y prensa isoinercial, por ello se concluyó que ese tipo de metodología es ideal para incrementar la potencia muscular e hipertrofia; por su parte Sabido et al. (2017) también realizó una investigación en jugadores de handball con un protocolo parecido de sobrecarga excéntrica durante siete semanas, el objetivo fue observar si el entrenamiento excéntrico es viable para mejorar la potencia muscular, los ejercicios utilizados fueron

sentadilla media en maquina Smith y desplantes laterales, luego de realizar las pruebas correspondientes y terminar el estudio, concluyeron que la sobrecarga excéntrica es una opción viable para el desarrollo de potencia en atletas de handball.

Nuñez et al., (2018) utilizaron una metodología parecida a la de Maroto et al. (2017) en atletas de deportes de equipo, sin embargo, se realizaron ejercicios unilaterales como desplante lateral y bilaterales como sentadilla, el periodo de entrenamiento fue igual a Maroto et al. (2017) con un total de seis semanas, trabajando cuatro series de siete repeticiones, se observó que ambas modalidades son buenas opciones para mejorar la potencia muscular y fuerza máxima, así como para aumentar la masa muscular del tren inferior, aunque, cabe mencionar que el nivel de entrenamiento de los sujetos es una variable para obtener esos resultados, primeramente el nivel de coordinación inter e intramuscular será mayor que en personas no entrenadas, por ello la capacidad neural y muscular tiene mejores y más rápidas adaptaciones al estímulo externo, en este caso la sobrecarga excéntrica. En una investigación realizada también en atletas de deportes de equipo, Cook et al. (2013) enfocaron su estudio en un protocolo de entrenamiento excéntrico y de ejercicios tradicionales con el fin de observar los efectos en la capacidad de salto y potencia muscular a corto plazo, el protocolo fue de 3 semanas de duración con ejercicios para tren superior e inferior, entre la metodología se incluyeron sentadillas, peso muerto, *press* de banca, remos y ejercicios de tracción, la conclusión después del periodo de intervención fue la mejoría en la capacidad de salto y potencia muscular, cabe resaltar que los resultados tienen que ver mucho con el nivel de cada atleta aunque sean del mismo deporte, si bien son atletas de equipo cada uno reacciona diferente al estímulo del entrenamiento, además se tiene que tomar en cuenta la fase de preparación en la que se encuentran.

Otro punto importante en el entrenamiento excéntrico para ganar potencia muscular, es sin duda, la velocidad de ejecución y la cadencia del movimiento, por ello se han realizado estudios haciendo énfasis dichas variables, tal es el caso de Wilk et al. (2019) quienes realizaron una investigación con el fin de determinar el efecto de la duración de la cadencia del movimiento excéntrico, sobre la potencia muscular generada en la fase concéntrica del movimiento en sujetos entrenados, se utilizaron dos protocolos: uno de ellos era excéntrico lento de 6 segundos y el segundo fue denominado excéntrico regular de dos segundos de cadencia, los resultados evidenciaron mayores valores de potencia muscular en la fase excéntrica regular en comparación con la fase excéntrica lenta, la velocidad también tuvo diferencias significativas entre ambos protocolos, se concluyó que el tiempo de cadencia en la fase excéntrica, tiene un impacto sobre la fase concéntrica del movimiento, afectando la velocidad y la potencia muscular, según el protocolo utilizado. Mike et al. (2017) realizaron una investigación para determinar los efectos de la duración de la contracción muscular excéntrica (2, 4 y 6 segundos) sobre la fuerza, producción de potencia, salto vertical y dolor muscular también en sujetos entrenados, se utilizó la sentadilla en máquina Smith para realizar el entrenamiento, se utilizó una metodología con tres diferentes tiempos de contracción muscular, todos los grupos utilizaron dos segundos en la fase concéntrica y un segundo entre ambas fases, los tiempos fueron de dos, cuatro y seis segundos en la acción excéntrica, todas las repeticiones fueron en la maquina Smith, el entrenamiento duró cuatro semanas, y la frecuencia era de dos veces por semana para entrenar, realizando cuatro series de seis repeticiones con el 80–85% de la RM, por su parte el dolor muscular tuvo incrementos en todos los grupos en el inicio y al final del protocolo; se aplicaron pruebas de salto para determinar la potencia muscular, se concluyó que los resultados son evidencia sobre

como el entrenamiento excéntrico puede ser efectivo para incrementar agudamente la fuerza máxima y la potencia en estudiantes entrenados, mientras que largos tiempos de contracción excéntrica pueden afectar la fuerza explosiva en el salto vertical, por otro lado las contracciones excéntricas de corto tiempo pueden estimular mayor dolor muscular, por lo que esta información debe ser tomada en cuenta por todos los profesionales del acondicionamiento físico.

Toumi et al. (2004) realizaron una investigación pero en sujetos sedentarios para determinar los efectos de la velocidad de ejecución de la fase excéntrica sobre la fuerza explosiva y la capacidad de salto vertical, el protocolo tuvo una duración de ocho semanas utilizando la sentadilla Smith con dos velocidades de ejecución para la fase excéntrica: la primera de 0.4 m/s y la segunda 0.2 m/s, ambos grupos de entrenamiento presentaron mejorías en la capacidad de salto y la producción de fuerza explosiva por lo que se concluyó que el énfasis de la fase excéntrica aporta beneficios para el desarrollo de la potencia muscular.

Una variable muy importante en el entrenamiento excéntrico, es el efecto que tiene sobre la fuerza máxima y el cómo evaluar dicha fuerza para un protocolo de entrenamiento excéntrico es por ello que Hollander et al. (2007) llevaron a cabo una investigación para determinar las diferencias de fuerza entre las acciones musculares excéntricas y concéntricas con un protocolo de seis ejercicios (jalón frontal para dorsales, *press* de pierna, *press* de banca, extensión de pierna, *press* militar sentado y *curl* femoral ) en 10 hombres y 10 mujeres jóvenes, se realizaron dos mediciones para determinar las RM concéntricas y excéntricas, los resultados mostraron que en todos los ejercicios excepto en el jalón frontal para dorsales y el *curl* femoral, las mujeres presentaron una diferencia mayor en la comparación del radio de fuerza excéntrico – concéntrico

contrastado con el de los hombres siendo el radio de fuerza mayor en la fase excéntrica, al final del estudio se concluyó que las mujeres presentaron un mayor radio de fuerza que los hombres, sin embargo, no fue en todos los ejercicios, por lo que estos parámetros son de gran ayuda al momento de planificar un entrenamiento de fuerza basado en el género, y así de esa manera ser más apegados a las necesidades de hombres y mujeres. Por su parte, Ben-Sira et al. (1995) llevaron a cabo un estudio en mujeres para determinar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento (excéntrico, concéntrico, tradicional y supra máximo excéntrico) sobre la fuerza máxima e hipertrofia en mujeres, sus resultados no evidenciaron diferencias entre los entrenamientos por lo que concluyeron que los entrenamientos aplicados tienen efectos similares sobre la fuerza máxima.

Si bien las diferencias de fuerza entre hombres y mujeres, en ocasiones parece ser notoria, en los protocolos de entrenamiento excéntrico se ha encontrado que parece tener los mismos efectos en hombres como en mujeres, sin embargo, eso está sujeto a diferentes variables. Si bien Hollander et al. (2007) si encontraron diferencias de fuerza entre ambos sexos, hay investigaciones como la de McBride et al. (2008) quienes realizaron un estudio para determinar los efectos de la pre actividad y actividad muscular excéntrica y sus efectos sobre la acción muscular concéntrica, el protocolo se basó en la realización de saltos para medir la actividad de las fases musculares, si bien el estudio fue con atletas de voleibol de ambos sexos, no hubo diferencias significativas entre ellos, por lo que las adaptaciones parecen ser las mismas, los resultados que obtuvieron arrojaron altos niveles de actividad muscular concéntrica durante el *drop jump* en comparación con el salto contra movimiento y el salto vertical, así como mayores niveles de saltabilidad en el *drop jump* y salto contra movimiento, por lo que se concluyó que la



pre actividad y actividad muscular excéntrica es importante para la mejoría de la capacidad de salto.

Candia-Luján en su investigación realizada en 2015, llevó a cabo un protocolo de entrenamiento excéntrico y concéntrico de ocho semanas de duración cuyo objetivo fue determinar sus efectos sobre la masa muscular y las diferentes manifestaciones de la fuerza, entre ellas la potencia muscular, el entrenamiento incluyó dos sesiones semanales de cuatro series de siete repeticiones en prensa inercial de manera unilateral: una pierna hizo la acción concéntrica (empujar) y la otra la excéntrica (frenar), como conclusión se encontró que si bien los resultados fueron favorables en ambas acciones (concéntricas y excéntricas), hubo mayores ganancias en el entrenamiento excéntrico, y que tanto hombres y mujeres tienen respuestas similares ante el entrenamiento unilateral concéntrico y excéntrico.

El desarrollo de la potencia muscular es de suma importancia en el ámbito deportivo, no obstante, las diferentes metodologías planteadas en ocasiones han sido combinadas con otros ejercicios para observar si es favorable para el desarrollo de la potencia, es por ello que algunas investigaciones se han enfocado en analizar los efectos del entrenamiento excéntrico combinado con otros ejercicios sobre la fuerza explosiva tal es el caso de Bogdanis et al. (2017) quienes realizaron un protocolo de entrenamiento excéntrico combinado con pliometría obteniendo resultados positivos para la ganancia de potencia muscular de igual manera, el estudio realizado por Cook et al. (2013) en donde se aplicó un entrenamiento combinado con carrera de velocidad obteniendo resultados favorables cuando se combinó con el protocolo excéntrico lo que puede ser una herramienta viable para el entrenamiento de la fuerza explosiva.

Otro punto importante es optimizar el entrenamiento de fuerza para desarrollar potencia muscular a corto plazo, un ejemplo de ello es la Potenciación Post Activación (PAP) la cual se caracteriza por permitir un mayor reclutamiento de unidades motoras tipo IIx mediante una mayor fosforilación de las cadenas ligeras de miosina permitiendo una mayor sensibilidad hacia el calcio produciendo contracciones musculares más eficientes, además de una mayor actividad de las motoneuronas gracias a la activación del reflejo H (Picón-Martínez et al., 2019; Sale, 2002). Gracias a ello, la búsqueda de una mayor potencia antes de competir (calentamiento) han llevado a investigar los efectos de la PAP excéntrica en distintas disciplinas (Cuenca-Fernández et al., 2019 Golas et al., 2016; Tsolakis et al., 2011).

Entre esos estudios se encuentra el realizado por Beato et al. (2019) cuyo objetivo fue observar el efecto de potenciación post activación del entrenamiento excéntrico sobre diferentes saltos y carrera corta, obteniendo resultados favorables sobre la potencia, esos resultados indican que no solamente se debe hacer énfasis en la fuerza, sino también en el estímulo de dicha fuerza aplicada y más si se trabaja con deportistas que requieran el desarrollo de la potencia muscular para mejorar su rendimiento deportivo. La intervención aplicada por Golas et al. (2016) en atletas de lanzamientos, *luge* (Deporte caracterizado por el lanzamiento de un trineo en la nieve) y basquetbol pusieron de manifiesto el entrenamiento excéntrico con cargas supra máximas para conocer el efecto sobre la potencia muscular y fuerza explosiva al aplicarse como una potenciación post activación, los resultados mostraron una mejoría en la producción de potencia muscular utilizando cargas con el 130% de la repetición máxima.

Beato et al. (2021) llevaron a cabo un estudio para determinar los efectos de una PAP mediante sobrecarga excéntrica isoinercial sobre la potencia pico y altura de salto,

los resultados mostraron mejoras en la potencia muscular durante una ventana de tiempo entre los tres y nueve minutos lo cual es indicio de su efectividad como protocolo inmediato anterior a la ejecución de actividades que requieran fuerza explosiva.

En lo que a baloncesto se refiere han sido pocas las investigaciones realizadas para evaluar los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre la fuerza explosiva y la capacidad de producción de potencia muscular, no obstante, dichas investigaciones solamente se han enfocado en evaluar la fase concéntrica dejando de lado la excéntrica.

Un estudio realizado por Cabanillas y colaboradores (2018) tuvo como objetivo determinar la capacidad de producción de fuerza explosiva mediante la aplicación de un entrenamiento isoinercial excéntrico de ocho semanas de duración con una frecuencia de una sesión semanal, el entrenamiento se comparó con un protocolo de metodología tradicional (uso de pesos libres) de igual duración y volumen. Los resultados arrojaron mejorías en la capacidad de salto en el grupo excéntrico por lo que se concluyó que una sesión de entrenamiento isoinercial es efectiva para mejorar la capacidad de producir potencia la cual se verá reflejada en la altura de salto en jugadores de basquetbol.

Por su parte, Gonzalo-Skok et al. (2016), realizaron una investigación para determinar los efectos de un entrenamiento de potencia repetida sobre la capacidad de salto y sprint en jugadores de basquetbol, la duración del protocolo fue de seis semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales con un volumen de cinco series de cinco repeticiones por cada set , los resultados mostraron que el entrenamiento de potencia repetida tiene efectos positivos en la capacidad de salto y la habilidad de repetir sprint, por ello, se recomienda este tipo de entrenamiento para mejorar el rendimiento en jugadores de basquetbol.

Hernández y colaboradores (2018) llevaron a cabo un estudio para determinar las diferencias de producción de fuerza explosiva, agilidad y capacidad de salto entre jugadores de basquetbol utilizando un protocolo de sobrecarga excéntrica. Se dividieron dos grupos los cuales realizaron sentadilla bipodal y unipodal con un volumen de cuatro series de 8 repeticiones durante seis semanas, dos veces por semana. Los resultados tuvieron aumentos en la capacidad de salto y de potencia en ambos grupos, por lo que se recomienda el uso del entrenamiento con sobrecarga excéntrica para mejorar el rendimiento en jugadores de basquetbol.

Algo de suma importancia son las adaptaciones bioquímicas que se presentan en el organismo luego de realizar cualquier tipo de ejercicio, en el caso del entrenamiento excéntrico las investigaciones se han enfocado al análisis de su efecto sobre marcadores metabólicos y hormonales, pero, no se ha estudiado la respuesta fisiológica de este tipo de entrenamiento sobre las cinasas de creatina y sus fluctuaciones, siendo medida una sola vez, aunado a que la mayoría de los estudios se han enfocado a otros metabolitos.

Una revisión realizada por Newham en 1988 en la que describió que el entrenamiento excéntrico desencadenará una serie de adaptaciones a nivel bioquímico, entre las que se encuentran filtraciones de cinasas de creatina, las cuales durarán hasta 12 días después del ejercicio, por ello es de suma importancia, para poder analizar las adaptaciones en base a un protocolo de entrenamiento y no sólo después del ejercicio.

Goto et al. (2009) realizaron un estudio para observar los efectos de diferentes protocolos de cadencia durante las acciones musculares excéntricas y concéntricas sobre las respuestas hormonales y metabólicas en nueve sujetos mediante la extensión de pierna, utilizando diferentes cadencias en la ejecución del movimiento, los resultados para la concentración de lactato fueron altos después del primer protocolo en

comparación con el segundo, los movimientos lentos tuvieron altas concentraciones de epinefrina en plasma, hormona de crecimiento sérica y testosterona libre, la hormona de crecimiento tuvo mayores picos después de las contracciones lentas en comparación con el último protocolo, no obstante, el cortisol fue más alto en el primer protocolo en comparación al segundo, concluyeron que los movimientos lentos en la cadencia de las contracciones musculares aumentan de manera aguda las hormonas anabólicas en sangre, mientras que la acciones excéntricas lentas no producen grandes cantidades de lactato y cortisol a comparación de las concéntricas, esto es un parámetro importante para el desarrollo de la masa muscular.

La búsqueda para el desarrollo de la hipertrofia muscular ha llevado a los investigadores a comparar los efectos que tiene el entrenamiento excéntrico sobre esta, por ello, Kraemer et al. (2006) realizaron una investigación en la cual compararon las respuestas hormonales entre el entrenamiento excéntrico en comparación con uno concéntrico, el objetivo fue conocer las diferencias entre la concentración de diferentes hormonas como la del crecimiento, testosterona libre y testosterona total las cuales están relacionadas con el aumento de masa muscular, en sus resultados no encontraron diferencias significativas por lo que concluyeron que ambos tipos de entrenamiento son efectivos y producen de manera similar testosterona y hormona del crecimiento.

Otro factor importante es el porcentaje graso de un atleta, si bien, este puede variar de persona a persona hay investigaciones como la de Philippou et al. (2017) que aplicaron un entrenamiento excéntrico para conocer cómo se comportan algunas hormonas y enzimas, entre ellas la irisina que se caracteriza por ser la responsable de convertir el tejido graso blanco en tejido graso café para su utilización, luego del ejercicio encontraron que la concentración de la irisina disminuyó lo que indicó que el ejercicio de

carácter excéntrico inhibe la producción de esta hormona, es decir, no se utilizan los lípidos como sustrato energético durante las acciones excéntricas.

A su vez Carvalho et al. (2015) realizaron un estudio con el objetivo de determinar cómo influía la velocidad de ejecución de un ejercicio excéntrico sobre el daño muscular post ejercicio, se aplicaron dos cadencias diferentes en la fase excéntrica, de tres y de medio segundo de duración, ambos grupos realizaron cuatro sets de ocho repeticiones con el 70% de su RM excéntrica en un ejercicio de *press* de banca, las evaluaciones de RM, dolor muscular y CK (cinzasas de fosfocreatina) fueron realizadas antes y 96 horas después post ejercicio, los resultados mostraron que el grupo que realizó el ejercicio rápido, presentó una reducción de la RM 24 horas después del ejercicio, por su parte el grupo que realizó el ejercicio de manera lenta, presentó una disminución de su RM a las 48 horas, en cuanto al dolor muscular post ejercicio, el grupo que hizo las repeticiones rápidas presentó dolor después de las 72 horas, mientras que el grupo que lo hizo lento presentó molestias a las 48 horas, por último, los niveles de CK tuvieron un incremento significativo a las 72 horas después para ambos grupos, los resultados no presentaron diferencias significativas entre ambos grupos cuando el volumen de entrenamiento e intensidad fueron igualados, en contraparte, encontraron que el grupo que realizó la fase rápida, tuvo un tiempo de recuperación más tardado para volver a tener buena función neuromuscular.

La recuperación muscular se ha relacionado con la magnitud del daño, tipo e intensidad del ejercicio, de Castro et al., (2012) investigaron la relación entre el tiempo de recuperación y la concentración de cinzasas de creatina luego de realizar un protocolo de ocho ejercicios con una carga de 10 repeticiones máximas para luego medir la concentración de las cinzasas de creatina, los resultados arrojaron diferencias entre las

24 y 48 horas post ejercicio por lo que concluyeron que los valores de cinasas de creatina entre 48 a 72 horas son suficientes para la recuperación muscular.

### **1.3. Planteamiento del problema**

El entrenamiento excéntrico tiene beneficios al realizarse, siempre y cuando se haga mediante la selección correcta de los ejercicios, así como la carga a realizar, entre esos están: poder mover mayores cantidades de peso, mayores ganancias de fuerza, mayor activación de fibras rápidas tipo Ila y IIX, almacenamiento de energía elástica y por ende una mayor conversión de fuerza en fuerza explosiva y potencia.

Los métodos de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza explosiva y potencia muscular están basados principalmente en los ejercicios que presentan un ciclo estiramiento acortamiento en su ejecución, dándole mayor énfasis a la fase concéntrica de éste, sin embargo, la fase excéntrica parece tener mayores ganancias y beneficios para el desarrollo de adaptaciones musculares que inducen la potencia muscular, no obstante, es un tema muy poco estudiado para el rendimiento deportivo en la disciplina de basquetbol, la cual se caracteriza por realizar acciones de carácter explosivo y de potencia mediadas por el sistema anaerobio aláctico, siendo el ATP su principal precursor para realizar sus acciones.

En lo que concierne al básquetbol, las investigaciones realizadas para medir la fuerza explosiva y potencia, se han efectuado solamente para observar los niveles de manifestación de dicha fuerza sin haber llevado previamente un protocolo de entrenamiento para la mejora de esa capacidad, además, los test aplicados se basan en la evaluación de la fase concéntrica del movimiento dejando de lado los efectos de la fase excéntrica, ya sea el tiempo bajo tensión, la velocidad del movimiento y frenado lo que involucra la activación del reflejo miotático y con ello un efecto sobre la potencia el cual

en muchas ocasiones, en lugar de producir fuerza, solo produce energía en forma de calor que no es transferible al deporte.

#### **1.4. Justificación**

Los diferentes tipos de entrenamiento, así como la metodología empleada para mejorar el alto rendimiento deportivo de los atletas y lograr resultados óptimos tienen un papel importante en la competición, sin embargo, muchas de las metodologías se quedan obsoletas y por ello hay cierta tendencia o moda a nuevas tecnologías sin hacer énfasis en la ciencia aplicada al deporte.

En el caso del entrenamiento de fuerza la cual es considerada como la capacidad física más importante, se ha dado importancia en su trabajo mediante ejercicios de tipo isotónico o concéntrico dejando de lado la fase excéntrica. Esta fase juega un papel importante en las diferentes expresiones de fuerza como la fuerza explosiva y potencia muscular, por lo que, se necesita la investigación para demostrar la función desde la parte fisiológica para mejorar el rendimiento deportivo en jugadores de básquetbol, ya que necesitan altos niveles de producción de fuerza explosiva que es indispensable para mejorar el rendimiento ya que a nivel de cancha el jugador de básquetbol necesita mantener la capacidad para producir potencia ya que es una capacidad física determinante en el juego, puesto que implica realizar acciones de salto, aceleraciones, frenado y pases, en esas acciones está implícita la fuerza explosiva y la potencia muscular. Aún y cuando el básquetbol es un deporte de conjunto muy popular a nivel mundial, es muy poco estudiado en cuanto a métodos de entrenamiento y sus efectos sobre los atletas.

Se aplicó un entrenamiento de fuerza excéntrico en atletas de la disciplina del basquetbol debido a los beneficios que este trae a quienes lo realizan, y de esa manera



poder observar sus efectos sobre la fuerza explosiva, fuerza máxima, masa libre de grasa y masa grasa.

Las investigaciones relacionadas con el entrenamiento excéntrico y sus efectos sobre la potencia muscular, al parecer son escasas. Específicamente en basquetbol no se encontró una intervención de este tipo con jóvenes del grupo etario de esta investigación. Además, los protocolos de entrenamiento excéntrico se realizan en su mayoría mediante el uso de dispositivos que sobrecargan la fase excéntrica y que manejan tecnología isoinercial la cual no está al alcance de todos. Es por ello que se ha tomado la decisión de investigar en ese campo de acción.

Otro punto importante es que actualmente en México no se le da la importancia debida al deporte y es por ello que en muchas ocasiones el nivel en escenarios internacionales, queda mucho a deber, precisamente por la falta de investigación deportiva con fundamentos y no sólo de manera empírica.

### **1.5. Hipótesis**

Un protocolo de entrenamiento con énfasis en la fase excéntrica de la contracción muscular mejora la fuerza explosiva, fuerza máxima y produce aumentos en la masa libre de grasa en jugadores de básquetbol en comparación con la fase concéntrica.

### **1.6. Objetivo general**

Determinar los efectos sobre la fuerza explosiva y fuerza máxima, masa libre de grasa y masa grasa en basquetbolistas juveniles después de aplicar un protocolo de entrenamiento de fuerza excéntrico.

### **1.7. Objetivos específicos**

1.- Aplicar un programa de entrenamiento haciendo énfasis en la fase excéntrica de la contracción muscular.

2.- Comparar los efectos de un programa de entrenamiento excéntrico contra uno concéntrico.

3.- Evaluar la capacidad de producción de fuerza explosiva de los participantes del estudio.

4.- Conocer los efectos del programa de entrenamiento sobre la fuerza máxima en los participantes del estudio

5.- Identificar los cambios en la masa libre de grasa y masa grasa de los participantes después de la intervención.

## CAPÍTULO II

### MÉTODO

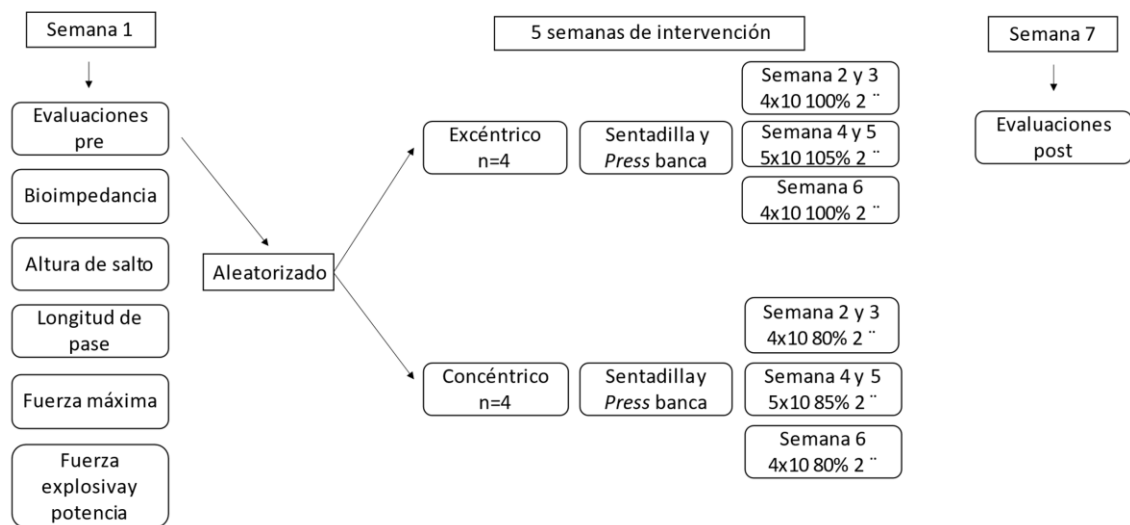
#### 2.1. Sujetos

Participaron en el estudio ocho atletas de la disciplina de basquetbol activos. Los participantes fueron asignados de manera aleatoria al grupo excéntrico EXC (n=4) y al grupo concéntrico CON (n=4), como criterio de inclusión se tomó en cuenta que todos formaran parte de la selección estatal del estado de Chihuahua que participaron en los juegos nacionales CONADE 2021 y entrenaran juntos, por otra parte, se tomó en cuenta que todos los participantes contaran con un mínimo de dos años de experiencia entrenando basquetbol; no padecieran ningún problema musculoesquelético, diabetes o hipertensión; que estuvieran familiarizados con el entrenamiento de fuerza. Además, se les pidió no realizar una actividad física extra fuera del entrenamiento. Se les explicó que el estudio fue voluntario y que podían abandonarlo en el momento que ellos deseen, para ello, el investigador les otorgó un consentimiento informado basado en los códigos de ética y la declaración de Helsinki.

#### 2.2. Diseño de investigación y variables de estudio

El estudio adoptó un enfoque cuasi experimental, aleatorizado de brazos paralelos (Figura 13) el cual fue aplicado en atletas de la disciplina de basquetbol mediante una intervención basada en dos programas de entrenamiento (fuerza concéntrica y fuerza excéntrica) de cinco semanas de duración, el estudio se realizó para determinar los efectos de dichos programas sobre la fuerza explosiva, fuerza máxima, masa libre de grasa y masa grasa, se realizaron evaluaciones pre y post en cada uno de los programas, dichas evaluaciones y test fueron los siguientes: la bioimpedancia en

dispositivo *InBody 230* para obtener los datos de MLG y MG; la repetición máxima (RM) en sentadilla y *press* banca para determinar la fuerza máxima (FM) y el porcentaje de las cargas de trabajo; test de CMJ para obtener la altura de salto; lanzamiento de balón (LB) para medir la longitud de pase; la fuerza explosiva y potencia se midieron mediante el ejercicio de sentadilla y *press* banca monitoreando la velocidad de ejecución con el uso del *encoder*. Todas las pruebas se realizaron a la misma hora, en el mismo orden y mismo lugar para tratar de mantener las mismas condiciones de medición.



**Figura 13.** Diseño de investigación del estudio.

### 2.2.1. Variables Independientes

Se aplicaron dos programas de entrenamiento de 5 semanas de duración, uno de ellos consistió en acciones concéntricas (fase que se presenta al subir la barra tanto en *press* de banca como en la sentadilla) para un grupo (CON) y acciones excéntricas (fase que se presenta al bajar la barra) para otro grupo (EXC).

### **2.2.2. Variables Dependientes**

La fuerza explosiva se define como la capacidad de producir fuerza a una velocidad elevada lo que se traduce en potencia muscular (Naclerio, 2010).

La Fuerza máxima es la expresión de fuerza máxima utilizada una sola vez para vencer o desplazar una resistencia externa (Haff y Triplet, 2017).

La masa muscular es el principal elemento estructural que va a determinar la fuerza muscular (Shephard y Åstrand, 2007).

La masa libre de grasa según Wilmore y Costill (2014) es considerada como el remanente de tejidos corporales que lo corresponden a la masa grasa.

La masa grasa es el porcentaje de la masa corporal total compuesta por tejido adiposo, la cual es una reserva de energía (Wilmore y Costill, 2014).

### **2.3. Herramientas e instrumentos**

Para la repetición máxima se utilizó una barra olímpica de 20 kilos, así como discos olímpicos de diferentes pesos para ir aumentando el mismo, permitiendo un máximo de cinco intentos.

El salto contra movimiento, el tiempo de contacto y de vuelo se realizó mediante el análisis de video y las ecuaciones de movimiento rectilíneo uniforme

La longitud de pase se midió utilizando un balón medicinal de cinco kilos de peso.

Por otro lado, la medición de la potencia muscular del tren inferior y superior se realizó mediante el uso de un *Encoder* también llamado transductor de posicionador lineal el cual se utilizó en el ejercicio de sentadilla y *press* de banca.

Se utilizó el InBody 230 para la medición de la masa libre de grasa y la masa grasa.

## **2.4. Metodología y procedimiento**

Todas las pruebas se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua con sus debidos permisos con las personas encargadas de dicho laboratorio, por otra parte, el programa de entrenamiento se llevó a cabo en las instalaciones de un gimnasio externo de nombre NAYRO *Sport Science Lab*.

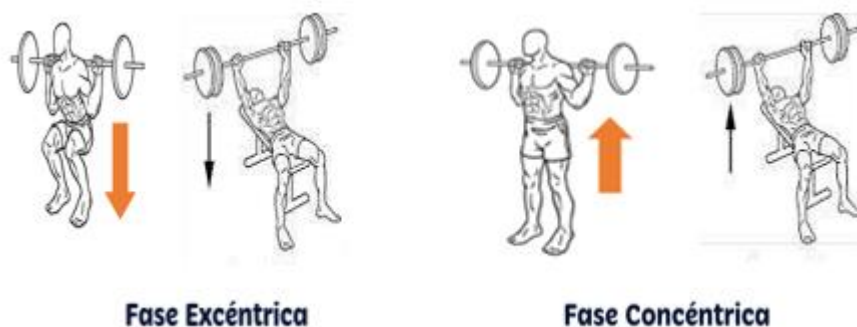
Todo el procedimiento de esta investigación se realizó bajo el código de ética de la declaración de Helsinki (Asociación Médica mundial, 1964) para la investigación en seres humanos mediante los lineamientos que rigen a todo el profesional de la salud y compromiso para la ciencia respetando la integridad y privacidad de los sujetos que participaron, esto se llevó bajo los valores de responsabilidad, respeto, tolerancia y amor al prójimo, dándole a conocer a los participantes que eran libres de abandonar el estudio si ellos así lo deseaban (anexo2).

### **2.4.1. Plan de entrenamiento**

El objetivo de este programa de entrenamiento fue desarrollar la fuerza explosiva, fuerza máxima, aumentar la masa libre de grasa y disminuir masa grasa en jugadores de basquetbol.

El programa de entrenamiento fue parte de la preparación física de los participantes con miras a los juegos nacionales CONADE 2021.

Cada sesión de entrenamiento constaba de un calentamiento con una duración de 15 minutos mediante ejercicios de movilidad articular, estiramientos dinámicos y activación de la musculatura implicada. Los días del entrenamiento fueron lunes y jueves para realizar sentadilla y *press* banca en ambos grupos (EXC y CON). El grupo EXC realizaba los ejercicios solamente en su fase negativa, es decir, la bajada tanto en sentadilla (hasta los 90° de flexión de rodilla) como en el *press* banca (bajaban hasta que la barra hiciera contacto en el pecho), para ello dos personas se encargaban de subir la barra para evitar que el participante hiciera esfuerzo y de esa manera aislar la fase excéntrica. Por su parte, el grupo CON realizaba los ejercicios solamente en la fase positiva, es decir, la subida en sentadilla (iniciaban desde los 90° de flexión de rodilla) y en el *press* banca (iniciaban con la barra en el pecho), a diferencia de la fase excéntrica los ayudantes apoyaban a los participantes a bajar la barra para evitar la carga y aislar la fase concéntrica (figura 14). El tiempo bajo tensión fue de dos segundos en el grupo EXC y de dos segundos en el CON, esto con el fin de igualar la intensidad entre ambos grupos, el tiempo fue dado mediante un metrónomo el cual, según el tiempo dado hacía el sonido de inicio y final del movimiento.



**Figura 14.** Ejercicios realizados en el programa de entrenamiento (Fuente: elaboración propia).

El volumen de entrenamiento fue distribuido de la siguiente manera durante las cinco semanas de intervención: la semana uno y dos se trabajó un volumen de 4 series de 10 repeticiones para ambos grupos, lo único que cambiaba era la intensidad de la carga, siendo del 100% de la RM para el grupo EXC y 80% para el grupo CON; la semana tres y cuatro hubo un aumento a cinco series de 10 repeticiones con una intensidad del 105 % para el grupo EXC y 85% para el CON; la última semana se regresó al volumen e intensidad de la semana uno.

El periodo de descanso fue de tres minutos entre cada serie y de cinco minutos al cambiar de ejercicio.

Se aplicó un periodo de evaluaciones una semana antes de iniciar y una semana después de terminar la intervención para poder dar tiempo de asimilación y recuperación ya que los sujetos estaban en constantes juegos los fines de semana.

#### **2.4.2. Reclutamiento de los sujetos**

El reclutamiento de los sujetos fue con una muestra inicial de 12 atletas de basquetbol los cuales se les explicó el procedimiento y se les entregó su consentimiento informado (Anexo 1) para que lo firmaran y también se les dijo que podrían salir del proyecto en cualquier momento que ellos lo decidieran, sin embargo, la muestra final fue de ocho sujetos debido a que dos de ellos salieron positivos a COVID-19 y dos más no continuaron con el programa de entrenamiento por situaciones ajenas a nosotros.

#### **2.4.3. Medición de la masa muscular y masa grasa**

La medición de la masa muscular (MLG) y la masa grasa (MG) fueron las primeras pruebas que se aplicaron a los participantes del estudio. Se realizó mediante la bioimpedancia utilizando el dispositivo InBody® modelo 230 el cual se utiliza para medir masa muscular total (Figura 15). Se daba la indicación a los sujetos de colocarse sobre



las marcas del dispositivo de manera erguida y que tomaran los electrodos con ambas manos, posteriormente se iniciaría la medición, la prueba fue solamente con short y descalzos, además, se daba la indicación de quitarse cualquier prenda o accesorio de metal.



**Figura 15.** Medición masa muscular y masa grasa

#### **2.4.4. Salto contra movimiento**

Para la prueba del *salto contra movimiento* el procedimiento fue el siguiente: se dio la indicación a los participantes de colocarse en bipedestación con los pies paralelos a la anchura de los hombros, se les dijo que colocaran las manos en la cintura, luego se les indicó que hicieran una flexión de rodillas para tomar impulso y saltar lo más alto posible (Figura 16), de dicha prueba se realizaron tres saltos con un periodo de 30 segundos de recuperación entre cada intento, tomando en cuenta el salto con mayor altura como valor de evaluación, los datos se vaciaron en un *excel* para determinar los resultados de dicho test (Anexo 4 y 5).



**Figura 16.** Salto contra movimiento

#### **2.4.5. Lanzamiento de balón**

Se dio la indicación a los participantes de colocarse en posición de bipedestación sosteniendo el balón a la altura del pecho, posteriormente tendrían que realizar un lanzamiento sin contra movimiento de miembros inferiores para medir la distancia alcanzada, solo se permitieron tres intentos con un descanso de 30 segundos entre cada uno de ellos, se tomó la distancia más larga como valor de la evaluación.

#### **2.4.6. Repetición máxima**

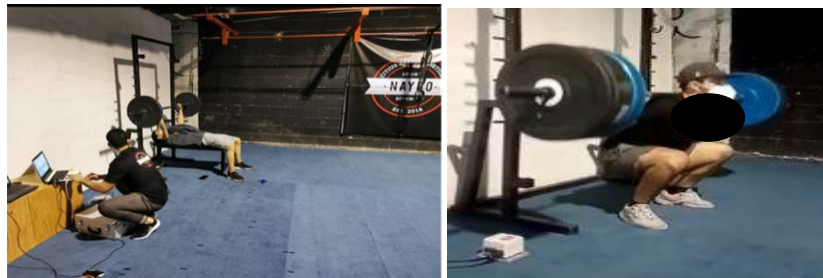
La evaluación de la fuerza máxima se realizó mediante la repetición máxima, dicha prueba se aplicó en miembros torácicos superiores (*press banca*) y miembros pélvicos inferiores (*sentadilla*) (Figura 17). Se aplicó un protocolo de calentamiento que incluyó elevación de la temperatura corporal, movilidad y estiramiento, la prueba fue creciente hasta alcanzar el peso máximo que pudiera ser levantado una sola vez con una correcta técnica, hubo periodos de descanso de dos minutos entre cada serie, permitiéndose solamente tres intentos para dicha prueba (NSCA, 2017; NSCA 2016).



**Figura 17.** Repetición máxima

#### **2.4.7. Medición de la potencia muscular al 30%**

Se aplicó el ejercicio de *press* de banca y sentadilla al 30% de la RM basándose en lo establecido por Candia-Luján (2015) y Naclerio (2008), se dio la indicación a los participantes de realizar el movimiento lo más rápido posible, el movimiento fue de carácter explosivo y se realizaron tres intentos, se tomó el valor más alto, así como la velocidad de desplazamiento de la barra con *encoder* lineal como valor de la prueba (Figura 18).



**Figura 18.** Medición de la potencia muscular al 30%

#### **2.5. Análisis estadístico**

Se aplicó el supuesto de normalidad de todos los datos con la prueba *shapiro-wilk*, la cual se emplea para la comparación de muestras relacionadas menores de 50 datos, se midió un pre y post sobre los mismos sujetos, además se realizó un análisis de prueba

t de *student* para muestras relacionadas e independientes, todo esto se realizó en el programa SPSS versión 25.0.

Se tomaron todos los valores con una  $p \leq 0.05$  para que fueran significativos luego de esto se contrastaron entre ellos debido a que fue un estudio de pruebas pareadas y entre grupos con muestras independientes.

## CAPÍTULO III RESULTADOS

### 3.1. Características generales de los sujetos

Se evaluaron un total de 8 jugadores de la disciplina de basquetbol (cuatro con ejercicios excéntricos y cuatro con ejercicios concéntricos) con una edad de  $17.7 \pm 0.63$  años, estatura de  $180.15 \pm 8.11$  cm y un peso corporal de  $76.65 \pm 16.40$  kg (tabla 1).

**Tabla 1.** Características de los participantes del estudio

<b>Variable</b>	<b>Grupo total n=8</b>	<b>Excéntrico n=4</b>	<b>Concéntrico n=4</b>
Edad (años)	$17.7 \pm 0.63$	$17.85 \pm 0.54$	$17.55 \pm 0.75$
Estatura (cm)	$180.15 \pm 8.11$	$177.65 \pm 8.87$	$182.65 \pm 7.62$
Peso (kg)	$76.65 \pm 16.40$	$74.62 \pm 19.21$	$78.57 \pm 15.77$

### 3.2. Resultados generales de ambos grupos

**Tabla 2.** Resultados generales del grupo total

Variable	Grupo total n=8	
	pre	post
CMJ (cm)	38.51±8.17	41.80±6.90**
LB (cm)	473.50±57.80	493.75±30.01
PS(watts)	956.5 ± 150.6	975.1 ±150.3
PP(watts)	526.6 ±52.3	591.8 ± 97
FMS (kg)	123 ± 7.03	157 ±9.15**
FMP (kg)	69.3 ± 3.8	76 ± 5.4**
MLG (kg)	62.8 ± 9.2	62.3 ± 8.40
MG (kg)	13.8 ± 8.8	14.2 ± 8.31

CMJ= Salto contra movimiento

LB= Lanzamiento de balón

PS= Potencia en sentadilla

PP= Potencia en *press* banca

MLG= Masa libre de grasa

MG= Masa grasa

\*\*Diferencia significativa  $P \leq 0.01$

En la tabla 2 se muestran los resultados generales de ambos grupos, se muestran diferencias significativas en el CMJ, FMS y FMP con un valor de  $P \leq 0.01$ .

### 3.3. Resultados de potencia muscular (PM) mediante la capacidad de salto y lanzamiento de balón

En la tabla 3 se puede observar los resultados arrojados en las pruebas de potencia muscular tanto para tren inferior como para superior, antes y después de la intervención. No se presentaron diferencias significativas al comparar los grupos.

**Tabla 3.** Potencia muscular mediante capacidad de salto y lanzamiento

Variable	Excéntrico n=4			Concéntrico n=4		
	pre	post	delta	pre	post	delta
CMJ (cm)	33.9 ± 5.3	38.3 ± 4.4*	4.4	43.2 ± 8.40	45.5 ± 7.50*	2.3
LB (cm)	455.3 ± 49.2	495 ± 31.9	39.7	491.8 ± 67.01	493 ± 33	1.2

CMJ= Salto contra movimiento

LB= Lanzamiento de balón

\*Diferencia significativa entre el pre y el post test  $P \leq 0.01$

### 3.4. Resultados de fuerza máxima (FM)

La fuerza máxima se ve expresada en la cantidad de kilos levantados por los participantes del estudio según el grupo (excéntrico y concéntrico) así como las diferencias entre los grupos antes y después del programa de entrenamiento (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de fuerza máxima

Variable	Excéntrico n=4			Concéntrico n=4		
	pre	post	delta	pre	post	delta
FMS (kg)	118.5 ± 5	157.2 ± 14*	38.7**	127.4 ± 6.2	156.6 ± 2.3*	29.2
FMP (kg)	69 ± 4.3	75 ± 7.4*	6	70 ± 3.7	77.2 ± 3.2*	7.2

FMS= Fuerza máxima sentadilla

FMP= Fuerza máxima *press*

\*\* Diferencia significativa de la delta del grupo excéntrico versus el concéntrico  $P \leq 0.01$

\*Diferencia significativa entre el pre y el post test  $P=0.00$

Se puede apreciar diferencias significativas en las ganancias de fuerza mediante el aumento de la repetición máxima antes y después del entrenamiento, teniendo mayores ganancias el grupo excéntrico en comparación con el grupo concéntrico en la sentadilla  $P \leq 0.01$ .

### 3.5. Resultados potencia muscular watts 30% RM (PM 30%)



La potencia muscular fue medida a una carga del 30% de la RM, se puede observar los valores máximos alcanzados entre los grupos de estudio.

**Tabla 5.** Resultados potencia muscular al 30%

Variable	Excéntrico n=4			Concéntrico n=4		
	pre	post	delta	pre	post	delta
PS (watts)	980.1 ± 138.7	1016.8 ± 138.8	36.7	932.8 ± 179.4	933.6 ± 169.7	.8
PP (watts)	503.5 ± 66.8	573.2 ± 136.3	69.7	549.6 ± 22.5	610.4 ± 49.5**	60.8

PS= Potencia

sentadilla

PP= Potencia *press*

\*\* Diferencia

significativa  $P \leq 0.01$

Los resultados de potencia muscular solo obtuvieron diferencias significativas  $P \leq 0.01$  en el grupo concéntrico, sin embargo, no fue estadísticamente significativo al comparar el grupo excéntrico y el concéntrico.

### 3.6. Resultados masa muscular (masa libre de grasa) y masa grasa

La masa muscular total y masa grasa se midió mediante la impedancia, en los resultados se muestran los valores pre y post intervención, así como la comparación entre los grupos.

**Tabla 6.** Masa libre de grasa y masa grasa

Variable	Excéntrico n=4			Concéntrico n=4		
	pre	post	delta	pre	post	delta
MLG (kg)	59.4 ± 10	58.8 ± 8.4	-0.6	66.3 ± 8.2	65.8 ± 7.9	-0.5
MG (kg)	15.4 ± 10.1	14.9 ± 9.9	-0.5	12.3 ± 8.6	13.8 ± 7.8	1.5

MLG= Masa libre de grasa

MG= Masa grasa

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

#### 4.1. Hallazgos importantes

En esta investigación se encontraron puntos de mucho interés, principalmente que la hipótesis que dio lugar a este estudio no se cumplió ya que ambos entrenamientos (EXC y CON) presentaron efectos similares en los participantes sobre las variables de la intervención.

Hubo diferencias significativas en la fuerza máxima de los participantes totales del estudio (EXC y CON), tanto para miembros superiores y miembros inferiores lo cual indica la viabilidad de ambos programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Sin embargo, al hacer la comparación entre los grupos solo hubo diferencias significativas en la sentadilla del grupo excéntrico en comparación al grupo concéntrico  $P \leq 0.01$ . Por otra parte, la potencia muscular antes y después de la intervención presentó valores significativos para el total de los participantes en el CMJ, sin embargo, al comparar grupo excéntrico versus concéntrico no se presentaron valores significativos. Por su parte, la potencia al 30% de la repetición máxima en *press* de banca solo tuvo significancia entre el pre y post del grupo concéntrico.

No se manifestaron cambios al comparar los grupos entre sí ni en la fuerza máxima de *press* banca, CMJ, LB, si bien, hubo aumentos en la fuerza máxima la cual es una capacidad condicionante para la potencia, en ocasiones tiene que ver mucho la velocidad de ejecución, tipo de fibras musculares, reclutamiento de unidades motoras y sobre todo el nivel de entrenamiento del sujeto.

El aumento de la fuerza máxima en sentadilla pudo deberse a que los sujetos no estaban relacionados ni habían llevado un programa de entrenamiento enfocado a la fuerza de manera sistematizada de la fase excéntrica, por ello, al ser un estímulo nuevo para el organismo, este se adaptó y tuvo ganancias de fuerza en corto tiempo (cinco semanas).

Estos resultados pueden atribuirse a que la metodología de entrenamiento excéntrico se desarrolla y aplica con la ayuda de tecnología isoinercial, sin embargo, en esta investigación el protocolo de entrenamiento se desarrolló con el uso de pesos libres lo cual no mantiene una velocidad constante a diferencia de los dispositivos isoinerciales lo cual consideramos un punto importante ya que son pocos los estudios que han aplicado un entrenamiento de esta índole con pesos libres.

#### **4.2. Fuerza máxima**

Los resultados de la repetición máxima presentaron aumentos entre el pre y post en ambos grupos, principalmente en miembros inferiores en los cuales se obtuvieron valores significativos en el grupo EXC en comparación del CON en el ejercicio de sentadilla  $P \leq 0.01$  luego de las cinco semanas de intervención, estos hallazgos coinciden con Hollander et al. (2007) quienes encontraron diferencias entre la fuerza concéntrica y excéntrica con un margen entre el 20 al 60% respectivamente, sin embargo se debe tomar en cuenta el nivel de entrenamiento de los sujetos y si son o no atletas de alguna disciplina. Además, estos resultados parecen coincidir con lo reportado por Ben-Sira et al. (1995) quienes no encontraron diferencias al comparar los efectos del entrenamiento excéntrico y supra máximo excéntrico versus un estímulo concéntrico y tradicional (excéntrico-concéntrico) por lo que parece ser que se producen efectos similares sobre la fuerza máxima independientemente del protocolo. También, estos resultados

coinciden con los encontrados por Benford et al. (2021) quienes encontraron aumentos en la fuerza muscular después de comparar un entrenamiento excéntrico versus uno concéntrico en máquina isocinética teniendo efectos similares en ambos protocolos después de la intervención.

Estos resultados pueden deberse al efecto de aprendizaje que ejerce el entrenamiento excéntrico sobre el organismo, dicho efecto, causa estímulos nuevos de carácter neural en individuos que no están acostumbrados al estímulo excéntrico lo que manifiesta ganancias de fuerza (Brandenburg & Docherty, 2002), si bien, algunos autores como Hollander et al. (2017) manifiestan ganancias de fuerza entre un 20% al 60% después de un entrenamiento excéntrico versus uno concéntrico en este estudio las ganancias fueron solamente un 10% superior en miembros inferiores mientras que en miembros superiores el protocolo concéntrico fue mayor en un 2%, estos valores son parecidos a los encontrados por (Brandenburg & Docherty, 2002), sin embargo, ellos utilizaron un protocolo de flexión y extensión de codo lo cual pudiera diferir un poco a este estudio en el que se utilizaron ejercicios multiarticulares obteniendo 2% menos de fuerza en el protocolo excéntrico comparado al concéntrico.

Por otro lado, la fuerza máxima de miembros superiores no presentó cambios al comparar ambos grupos, este resultado puede deberse a la capacidad de carga de las piernas la cual es mayor que los brazos y tal vez a la falta de intensidad en la carga para miembros superiores ya que Kaminski et al. (1998) establecen que en ocasiones la carga en el entrenamiento excéntrico debe ser mayor al 120% de la repetición máxima, si bien en este estudio se usaron los mismos porcentajes para el ejercicio de sentadilla, aun así era mucho más peso (casi el doble) en comparación al *press* de banca por ello, el estímulo pudo ser mayor en miembros inferiores. Otro punto a considerar es que aún no

se define la carga exacta para igualar el estímulo y la intensidad entre las fases excéntricas y concéntricas ya que, en ocasiones, aunque el entrenamiento concéntrico se lleve a cabo al 100% de intensidad basado en la repetición máxima quizás se está trabajando con un porcentaje menor en la fase excéntrica por lo que generalmente se subestima la intensidad del entrenamiento excéntrico (Roig et al., 2009; Seger & Thorstensson, 2005). Otra variable que pudo ser importante en el desarrollo de fuerza en miembros superiores (*press banca*) es el ángulo de penación de las fibras musculares del pectoral y a su vez, de los músculos que se activan durante su ejecución ya que, según la orientación de las fibras musculares es la aplicación y producción de fuerza (Miller, 2016), tal es el caso del tríceps el cual presenta un ángulo de penación que no está paralelo al húmero y, debido a que el tríceps es un músculo que se activa en el *press banca* pudiera ser factor para el desarrollo y ganancias de fuerza (Brandenburg & Docherty, 2002), pero, al no tener datos de resonancia magnética o ultrasonido es difícil poder llegar a una conclusión definitiva.

A su vez, los resultados obtenidos concuerdan con Maroto et al. (2017) quienes luego de aplicar un protocolo de seis semanas de entrenamiento en prensa para piernas encontraron aumentos en la repetición máxima después de la intervención, sin embargo, al ser en una máquina isoinercial hay factores que pueden influir en los resultados como la inercia, el ángulo articular entre otros.

Los resultados también se asemejan con los encontrados por Cook et al. (2013) quienes aplicaron bloques de tres semanas de entrenamiento combinándolo con ejercicios de velocidad, luego de finalizar su investigación encontraron ganancias en la fuerza máxima tanto para la sentadilla como en el *press* de banca, lo cual indica que el entrenamiento excéntrico combinado con ejercicios de velocidad es efectivo para

aumentar la fuerza máxima, contrariamente, a diferencia de ellos, esta investigación no utilizó ningún otro ejercicio más que la fase excéntrica y la concéntrica, lo cual pudiera también ser factor importante en las ganancias de fuerza, ya que al trabajar la velocidad habrá un mayor reclutamiento de unidades motoras tipo II las cuales son responsables de la activación y producción de fuerza y al darles un estímulo externo los patrones de producción de fuerza máxima cambian, tal vez por ello se encontraron resultados favorables en solo tres semanas de intervención a diferencia de cinco para este estudio.

En miembros superiores el aumento de fuerza fue significativo en ambos grupos teniendo mayores ganancias con el protocolo excéntrico lo que pudo deberse debido al estímulo nuevo, sin embargo, no hubo diferencias al contrastar los grupos excéntrico versus concéntrico. Estos hallazgos están acorde con Coratella y Schena (2016) quienes además, encontraron un efecto residual después de seis meses de su investigación lo que sugiere al entrenamiento excéntrico como una herramienta eficiente para mantener los niveles de fuerza por más tiempo y, si se habla del ámbito deportivo es favorable debido a que si se aplica un entrenamiento en una etapa general se podrá mantener la forma deportiva por más tiempo y se puede adaptar la carga de entrenamiento es sus diferentes manifestaciones de fuerza.

### **4.3. Potencia muscular**

En esta investigación se evaluó los valores de potencia muscular mediante la capacidad de salto la cual tuvo diferencias significativas entre el pre y post para el total de los sujetos evaluados (excéntrico y concéntrico) mostrando mejorías, lo que está relacionado con lo propuesto por di Cagno et al. (2020) quienes encontraron efectos positivos en la prueba de salto en atletas de esgrima luego de su investigación en la que se comparó un entrenamiento excéntrico isoinercial y uno pliométrico obteniendo

ganancias de potencia muscular en miembros inferiores en ambos grupos, sin embargo, cuando se realizaron las comparaciones del grupo excéntrico versus el concéntrico, estos no presentaron significancia en las variables de salto y lanzamiento de balón lo cual está acorde con lo encontrado por Dolezal et al. (2016) quienes aplicaron un protocolo de entrenamiento basado en la velocidad de ejecución en la fase excéntrica y concéntrica, al final no encontraron diferencias significativas entre los grupos.

Un estudio realizado por Hernandez Davó et al. (2018) donde aplicaron un entrenamiento excéntrico bilateral y unilateral en jugadores de baloncesto no encontraron aumentos en la capacidad de salto entre los grupos por separado lo cual concuerda con lo encontrado en esta investigación, si bien hubo aumentos en los valores, no fue suficiente para ser estadísticamente significativo, esto se pudiera atribuir a la falta del estímulo de potencia muscular (Drouzas et al., 2020). Por otro lado, los resultados en la capacidad de salto del grupo excéntrico se asemejan a los resultados encontrados por Dolezal et al. (2016) quienes luego de aplicar un entrenamiento con base en la velocidad de ejecución excéntrica y otro concéntrico en atletas de pista y campo, sus resultados no encontraron diferencias en el grupo excéntrico como tal, mientras que en el entrenamiento concéntrico si los hubo, por su parte, esta intervención hubo diferencia significativa solo en el grupo concéntrico. Esto puede deberse a los tiempos bajo tensión y el tipo de entrenamiento, ya que en esta investigación se realizaron solamente una de las fases, excéntrica o concéntrica lo que puede afectar debido a que no se entrenó el ciclo estiramiento acortamiento el cual es fundamental para la producción de potencia muscular en el ámbito deportivo ya que las acciones y movimientos no son aislados (Naclerio, 2010), además el ciclo estiramiento acortamiento debe cumplirse para realizar acciones que requieren altos niveles de fuerza explosiva (Nuñez et al., 2018) por lo que



podiera ser que el grupo que realiza los movimientos completos tenga mayor especificidad enfocada al deporte, por lo que, el grupo concéntrico tal vez pudiera estimular la potencia debido a que en la práctica diaria de basquetbol se realizan los pases a máxima velocidad lo que manifiesta la activación de las fibras musculares tipo IIX por lo que la fuerza acumulada en el *press banca* tuviese una transferencia a potencia en el entrenamiento.

Los hallazgos encontrados en la capacidad de salto en esta investigación son similares a la intervención de Cabanillas et al. (2020) quienes después de aplicar un entrenamiento de fuerza con jugadores de basquetbol mediante un protocolo excéntrico y otro concéntrico encontraron diferencias significativas en la capacidad de salto en ambos grupos, sin embargo, no hubo diferencias al contrastar un grupo contra el otro, a pesar de que en este estudio se hicieron dos sesiones semanales y en el de Cabanillas fue solamente una, los resultados indican la efectividad de ambos protocolos para la mejoría de la potencia muscular en la altura de salto lo cual es de suma importancia en el baloncesto ya que para San Román-Quintana (2011), un jugador de dicho deporte debe tener la habilidad de mantener la capacidad de salto debido a que se presenta en la mayoría de los gestos específicos de juego. Balsalobre et al. (2015) hallaron diferencias significativas en la capacidad de salto en jugadores de basquetbol en comparación con futbolistas, este resultado nos indica la importancia de la fuerza explosiva en miembros inferiores ya que es fundamental para un mejoramiento del rendimiento del atleta.

Por el contrario a los resultados obtenidos en esta investigación se han aplicado estudios con resultados que muestran diferencias entre los grupos después de la intervención, tal es el caso de lo encontrado por González et al., 2018; Sabido et al., 2018 y Maroto et al., 2017. En sus investigaciones, los hallazgos mostraron mejorías y

diferencias entre los grupos que realizaron el protocolo excéntrico en comparación con algún protocolo tradicional o sin entrenamiento de fuerza, cabe señalar que dichos resultados pueden deberse a que el entrenamiento se realizó mediante el uso de tecnología inercial la cual hace énfasis en la fase excéntrica, sin embargo, permite realizar la fase concéntrica a máxima velocidad, y en esta investigación solo se entrenó alguna de las dos acciones musculares por separado, es por ello, que en dichas intervenciones las diferencias son notorias debido a que se ponen de manifiesto ambas acciones musculares (excéntrica y concéntrica) estimulando el ciclo estiramiento acortamiento transfiriendo la energía elástica en potencia muscular dándole un estímulo y entrenamiento más apegado a la realidad deportiva (Wilk et al., 2019; Stasinaki et al., 2019 y Vogt & Hoppeler, 2014). Por su parte, Benford et al. (2021) encontraron diferencias entre el torque producido entre la fase excéntrica versus la concéntrica, sin embargo, en su estudio solamente evaluaron la producción de potencia en dispositivo isocinético de extensión de pierna lo que puede afectar el resultado ya que en ese tipo de dispositivos el participante está sujeto al asiento mediante un cinturón lo cual puede modificar la fuerza y potencia ya que no hay un rango de movimiento completo, además, ellos evaluaron de manera isométrica lo cual difiere a nuestra investigación la cual se llevó a cabo mediante movimientos y evaluaciones de manera libre y a máxima velocidad de ejecución tal como saltos y sentadilla.

Otra variable que se utilizó para medir la potencia fue la capacidad de movilizar cargas al 30% de la repetición máxima tanto en sentadilla como en *press* de banca, esto debido a que según Naclerio (2008) se logran mayores niveles de potencia con cargas menores al 40% de la repetición máxima, además de concordar con Roschel et al. (2009) quienes encontraron un mejor desempeño en la producción de potencia muscular en

atletas de karate, siendo esta variable de suma importancia en el éxito y rendimiento deportivo.

Nuestros resultados se relacionan con lo encontrado por Candia (2014) quien para medir la producción de potencia muscular con cargas crecientes utilizó diferentes porcentajes iniciando con 30%, 40%, 50%, 60% y 70 %, en sus resultados no encontró diferencia significativa en el grupo excéntrico en comparación con el concéntrico después de su intervención al 30%, sin embargo, una de las diferencias fue que en nuestro estudio se aplicó la sentadilla bilateral mientras que Candia aplicó la sentadilla unilateral modificada, por otra parte, una de las similitudes fue que la evaluación fue realizada mediante el uso del *encoder* lineal en ambas investigaciones, la decisión de realizar la sentadilla bilateral fue debido a que se utilizaron pesos libres, lo cual a diferencia de la sentadilla en máquina Smith, puede ser riesgoso para el sujeto. Un punto importante en la manifestación de potencia en miembros inferiores es el tipo de trabajo, es decir, si se entrena de manera unilateral o bilateral, si bien, lo más usual es realizar los ejercicios de manera bilateral, al momento de evaluar la fuerza y potencia de piernas se manifiestan valores distintos en comparación de entrenar y evaluar las extremidades inferiores de manera unilateral, en la cual se presentaran mayores niveles de fuerza en comparación de una evaluación bilateral, esto es de suma importancia ya que nos arroja datos de asimetría y del RSI ( Índice de fuerza reactiva por sus siglas en inglés) lo cual es un punto a considerar en el deporte (Bogdanis et al., 2019), además, algunos estudios manifiestan la viabilidad del trabajo unilateral de naturaleza pliométrico para un mejor desarrollo de fuerza explosiva y potencia en comparación con ejercicios bilaterales siempre y cuando sea el mismo volumen del entrenamiento (Drouzas et al., 2020), sin embargo, eso es algo complicado de conocer ya que en las acciones propias del baloncesto se utilizan ambos

ejercicios (unilateral y bilateral) lo cual estuvo fuera de nuestro alcance ya que en esta investigación solo se trabajó la parte física de manera bilateral.

La producción de potencia muscular para miembros superiores se evaluó mediante el ejercicio de *press* banca, los resultados no fueron significativos al comparar al grupo excéntrico versus el concéntrico, sin embargo, el grupo concéntrico presentó aumentos significativos lo que está en acuerdo con Golas et al., (2016) para mejorar la producción de potencia en miembros superiores luego de aplicar un estímulo de potenciación post activación en lanzadores de disco, jabalina y martillo, estos resultados pudieran deberse a que la fase concéntrica del movimiento es con la cual están más relacionados los jugadores de baloncesto ya que al realizar un pase de balón se realiza una acción de carácter concéntrico, si bien, en nuestro estudio no se aplicaron cargas supra máximas como en el de Golas, un factor que pudo intervenir en dichos resultados fue que el dispositivo *encoder* no mide la fase excéntrica del movimiento la cual es la encargada de almacenar energía elástica para transferirla a potencia en la fase concéntrica, además, del nivel de fuerza y adaptaciones de cada sujeto, si bien, el aumento significativo en el grupo concéntrico fue mayor que el excéntrico, debemos tomar en cuenta las adaptaciones nerviosas y musculares de cada individuo, además del control motor en la fase excéntrica ya que al no estar relacionados con el movimiento pudiera haber rangos de movilidad limitados, así como la duración de la misma (Wilk et al., 2019). Además, un punto importante para producir potencia es la capacidad de activación e inhibición de grupos musculares durante el movimiento, es decir, que el músculo o grupo muscular agonista tenga una activación efectiva, mientras que el grupo antagonista esté inhibido, este conjunto de manifestaciones neuromusculares es primordial para una efectiva manifestación de fuerza explosiva según lo encontrado por

Higbie et al. (1996), sin embargo, en nuestro estudio al no contar con la actividad de la electromiografía es difícil conocer este fenómeno, así como determinar las ventanas de tiempo para producir potencia muscular mediante el RFD (Radio de producción de fuerza), el cual se divide en RFD corto y largo con tiempos menores a 100 milisegundos y mayores a 250 milisegundos respectivamente, conociendo esas variables se puede saber en qué momento es la mayor producción de potencia muscular según el tipo de deporte (Bogdanis et al., 2019).

Cadore et al. (2014) no encontró diferencias significativas en la producción del RFD después de aplicar dos entrenamientos durante seis semanas (excéntrico y concéntrico) si bien en su estudio utilizaron ventanas de tiempo mediante un test isométrico, el RFD está relacionado con la capacidad de producir potencia muscular, en sus resultados encontró mejorías en ambos protocolos, por lo que, parecen tener efectos parecidos sobre la actividad muscular, sin embargo, su investigación se aplicó en sujetos activos sin especialización deportiva lo que puede interferir en los resultados en comparación con nuestra muestra la cual fue con atletas de basquetbol. Otro punto importante fue la evaluación que ellos aplicaron en su estudio, llevándose a cabo en una maquina isocinética para el ejercicio de extensión de piernas a diferencia de nuestras evaluaciones las cuales fueron lo más parecidas a la realidad deportiva, ya que las acciones presentadas en un juego de baloncesto son en movimiento estimulando el ciclo estiramiento acortamiento lo que pone de manifiesto la factibilidad del tipo de evaluaciones y su fin.

En lo que concierne a los movimientos específicos del deporte, en este caso, el baloncesto, se evaluó la producción de potencia mediante el lanzamiento de balón medicinal, los resultados luego de terminar el programa de entrenamiento no arrojaron

cambios significativos lo que concuerda con lo encontrado por Sabido et al. (2017) quienes llevaron a cabo un estudio con jugadores de handball los cuales no mostraron diferencias en el lanzamiento de balón al igual que en este estudio. Por otra parte, estos resultados difieren a los encontrados por Santos & Janeira (2008) quienes si encontraron diferencias en el lanzamiento de balón luego de aplicar un entrenamiento complejo (Fuerza y pliometría) en jugadores de basquetbol juveniles por lo que, al aplicar el estímulo pliométrico se manifiestan mejorías en la potencia de lanzamiento. Estos resultados pudieran deberse a la velocidad de ejecución de cada ejercicio y que no se trabajó un programa de potencia específico para trabajar el gesto deportivo a diferencia de Santos & Janeira (2008), por ello, se recomienda trabajar mediante planos y ejercicios propios de la disciplina deportiva, lo cual, ayudará a maximizar el rendimiento mediante adaptaciones propias según las necesidades de la disciplina deportiva (di Cagno et al., 2020). Una variable que pudiese ser importante es la realización de movimientos específicos en el calentamiento lo que provoca una activación neuromuscular en el atleta tal como lo manifiesta Cuenca-Fernández et al. (2020) al aplicar un protocolo de calentamiento excéntrico con énfasis en la potenciación post activación en nadadores, los resultados presentaron mejorías en la velocidad de despegue en la salida, estos hallazgos pueden indicar lo favorable de aplicar ejercicios relacionados con el gesto deportivo, si bien, en nuestra metodología se aplicó una activación para miembros inferiores y superiores, esta no fue con movimientos específicos que tal vez pudieran ayudar en las respuestas y adaptaciones posteriores, las cuales pueden variar según el tipo y tiempo de estímulo, así como conocer los tiempos entre potenciación post activación y fatiga y así de esa manera potenciar el entrenamiento o competición (Tsolakis et al., 2012; Sale, 2002) .

A su vez los resultados están acorde con Moore et al. (2007) cuya investigación aplicó un protocolo con cargas máximas en la fase excéntrica para analizar sus efectos sobre la producción de potencia del tren inferior sin obtener diferencias significativas en la capacidad de salto, si bien hubo aumentos en la altura del salto no se produjo cambio lo cual pudiera deberse al tipo de entrenamiento, el cual fue solamente de sentadilla sin ningún contraste o ejercicio para mejorar la velocidad de contracción muscular, sin embargo, se debe tomar en cuenta que los participantes mantuvieron sus entrenamientos de basquetbol de manera habitual, por lo que, de manera indirecta al programa de fuerza se mantuvieron estímulos propios de saltos, cambios de ritmo, aceleraciones y desaceleraciones, entre otras, lo que pudiera ser factor en los resultados (Tsolakis et al., 2012).

Por su parte, Wirth et al. (2015) aplicaron un entrenamiento excéntrico para ver cómo se modificaba la potencia muscular y la capacidad de salto luego de seis semanas de intervención mediante el ejercicio de prensa para piernas, los resultados no arrojaron mejoría en la producción de la potencia muscular para el tren inferior lo cual está acorde con lo encontrado en esta investigación intra grupos. Al igual, los resultados están en acuerdo con Moore et al. (2007) si bien ellos aplicaron un protocolo con atletas entrenados, solamente tuvo una duración de dos semanas lo cual puede ser una variable de interés si se busca desarrollar la potencia muscular, así como el tipo de protocolo, ejercicios y test que se utilicen.

#### **4.4. Masa libre de grasa**

En lo relacionado a la masa libre de grasa, también llamada masa muscular, este estudio no presentó diferencias significativas entre ambos grupos lo cual pudiera deberse a que no hubo un aumento porcentual en el tamaño y número de las fibras musculares,

dichos hallazgos están acorde con el estudio de Bogdanis et al. (2017) quienes luego de aplicar un entrenamiento complejo de acciones excéntricas combinado con acciones balísticas y pliométricas no se encontraron cambios significativos en el porcentaje de fibras, si bien tuvieron un aumento en la sección transversal fibrilar, no se puede saber ya que en este estudio no se aplicó una biopsia, lo cual nos arrojaría más información al respecto.

A su vez este resultado está acorde con lo encontrado por Candia (2015) quien luego de aplicar su intervención no encontró diferencias significativas, si bien, él comparó la pierna derecha con la izquierda, uno de los factores pudiera ser el equipo utilizado, ya que Candia (2015) utilizó un densitómetro con rangos de interés mientras que este estudio se realizó con Bioimpedancia, la cual es menos específica.

Un punto muy importante para el aumento de la masa muscular es el tiempo bajo tensión, lo cual pudo ser un factor determinante en este estudio ya que el tiempo de trabajo fue de dos segundos mientras que en el estudio de Stasinaki et al. (2019) el tiempo de la fase excéntrica durante la sentadilla fue de cuatro segundos por lo que el estímulo fue mayor, por ende, al darle más tiempo de trabajo al músculo se estimula de gran manera el estrés metabólico y con ello la producción de hormonas anabólicas como la hormona de crecimiento y testosterona libre, tal es el caso del estudio de Goto et al. (2009) quienes llevaron a cabo un protocolo con diferentes tiempos bajo tensión en la fase excéntrica y concéntrica encontrando mayor respuesta anabólica en los movimientos lentos, sin embargo, en esta investigación no se tomaron en cuenta dichas hormonas para conocer su concentración, sabiendo de esa manera que al tener mayores niveles de hormonas anabólicas habrá una mayor síntesis proteica y aumento de masa muscular.



Además, estos resultados están de acuerdo con Schoenfeld et al. (2017) quienes luego de realizar un metaanálisis para determinar qué tipo de acciones musculares tenían más efectos sobre la ganancia de masa muscular no encontraron diferencias significativas, lo cual sugiere que ambos entrenamientos son efectivos si se busca la hipertrofia. En otros términos, para Higbie et al. (1996) los incrementos de masa muscular pueden ser en ambos protocolos de entrenamiento sin mucha diferencia, sin embargo, tiene que ver mucho el tipo de entrenamiento, si bien en su estudio se encontraron aumentos similares, ellos utilizaron un protocolo isocinético mientras que esta investigación fue mediante el uso de pesos libres.

Brandenburg & Docherty (2016) no encontraron aumentos en la masa muscular luego de comparar un entrenamiento concéntrico versus uno excéntrico por lo que manifiestan que ambos protocolos inducen efectos parecidos, además, al igual que en este estudio ellos encontraron una disminución en la masa muscular, sin embargo, ellos emplearon la resonancia magnética en su investigación lo cual es más exacto que la bioimpedancia utilizada en esta investigación.

Coratella y Schena (2016) encontraron aumentos en la masa muscular del pectoral y en su circunferencia después de una intervención mediante un protocolo excéntrico en *press* banca parecido al de nuestro estudio, sin embargo, algo que pudo ser factor para esos resultados es el nivel y tipo de atletas en la intervención ya que su estudio se aplicó en atletas entrenados en fuerza sin otra actividad, lo cual puede ser debido a que se aplicara un programa más específico para el desarrollo de la hipertrofia.

Otro factor es la densidad ósea y el contenido mineral en los huesos ya que estos forman parte de la MLG, si bien, la bioimpedancia nos arroja un total, no nos especifica la cantidad, además, tomando en cuenta que ambos tipos de entrenamiento EXC y CON

producen efectos positivos a nivel óseo se podría tomar en cuenta en futuras investigaciones (Nickols-Richardson et al., 2007).

Una variable primordial para el aumento de la masa muscular es el tiempo de entrenamiento ya que lo primero que se desarrolla cuando se inicia un programa de entrenamiento es la fuerza y después la hipertrofia, por lo que, según lo encontrado en esta investigación cinco semanas es poco tiempo de exposición, además, las cargas de trabajo para el aumento de la masa muscular son normalmente con el 65% de la repetición máxima y en este estudio se utilizaron cargas de 85% al 105% por lo que tal vez el estímulo para el aumento de fuerza máxima fue mayor que el de la hipertrofia (Ben-Sira et al., 1995). Otro factor pudo ser que no se llevó un control de la alimentación por lo que no se pudo conocer si los participantes cumplían con el requerimiento diario en la ingesta de proteínas. Además, un gran número de investigaciones que se han realizado para conocer los efectos del entrenamiento excéntrico versus concéntrico sobre la masa muscular se han efectuado mediante el ejercicio de extensión de pierna (Benford et al., 2021; Philippou et al., 2017; Friedmann-Bette et al., 2010) lo que aísla el grupo muscular involucrado por lo que, tal vez, ese puede ser un factor ya que la sentadilla es un ejercicio multiarticular. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la hipertrofia se produce de manera localizada en ciertas regiones musculares según el tipo de estímulo ya que Benford et al. (2021) establecen que después de un entrenamiento excéntrico hay mayor hipertrofia en la parte distal del músculo, mientras que luego de un protocolo concéntrico se encuentra un mayor aumento de la sección transversal en la parte media del músculo, sin embargo, ellos utilizaron ultrasonido de última generación con regiones de interés lo cual es más exacto a diferencia de lo encontrado en este estudio ya que la bioimpedancia no arroja información tan exacta.

Si bien el entrenamiento excéntrico induce cambios en la zona distal del músculo, en ocasiones la composición de las fibras musculares también cambia (Segger y Arvidsson, 1998), sin embargo, al no haber obtenido una biopsia es difícil saber si a nivel fibrilar se presentaron cambios.

Si bien, en este estudio se encontraron aumentos en la fuerza, no siempre se presenta aumento en la sección transversal muscular, ya que los cambios en la morfología muscular pueden estar relacionados a la activación nerviosa que estimula la hipertrofia muscular y a otros factores como el tiempo y tipo de ejercicio, ya que Segger y Arvidsson (1998) utilizaron una máquina isocinética en el ejercicio de extensión de pierna y establecen que la fuerza está dada por adaptaciones neuromusculares y no necesariamente hay un aumento de masa muscular.

La velocidad parece ser un punto importante en el desarrollo de la masa muscular ya que algunos estudios (Stasinaki et al., 2019; Farthing y Chilibeck, 2003) manifiestan aumentos en los fascículos musculares después de aplicar un entrenamiento excéntrico con altas velocidades encontrando mayores ganancias de hipertrofia muscular, sin embargo, en este estudio se trabajó un tiempo bajo tensión de dos segundos mientras que Stasinaki et al. (2019) lo realizaron con un tiempo menor a un segundo, por su parte, Farthing y Chilibeck (2003) lo realizaron en máquina isocinética, dichos resultados pudieran diferir debido a la velocidad, sin embargo, parece que no hay una velocidad específica para trabajar estimular la hipertrofia ya que en contraste hay estudios que no encontraron aumentos en la masa muscular a altas velocidades como el realizado por Zacharia et al. (2019), por lo que no se podría conocer de manera definitiva si la rapidez del movimiento fue factor en este estudio.

#### **4.5. Masa grasa**

Este estudio no presentó diferencias significativas en cuanto a la cantidad de grasa de los sujetos en el estudio, esto pudiera ser gracias al bajo coste energético de las acciones excéntricas y por el decremento de una hormona llamada irisina la cual se encarga de convertir el tejido graso blanco en pardo para su utilización como energía, tal como lo mostrado en el estudio de Philippou et al. (2017) quienes luego de aplicar un protocolo de extensión de pierna excéntrico no obtuvieron disminución en el porcentaje graso de los sujetos, así como también, el sustrato energético utilizado por los atletas, ya que según la posición de juego se presentan exigencias metabólicas diferentes, a pesar de que el basquetbol es un deporte en el que el sistema aerobio aporta la mayor parte de energía, sus acciones son mediadas gracias al sustrato anaerobio, lo cual pudiera ser un factor importante.

Se debe tomar en cuenta las interacciones metabólicas que produce el entrenamiento excéntrico ya que uno de sus efectos es el aumento de cortisol el cual se relaciona con el aumento de tejido graso (Philippou et al., 2017). Por otro lado, el entrenamiento excéntrico presenta picos altos de hormona del crecimiento, testosterona libre y testosterona total después de realizarse lo cual puede relacionarse con el aumento de masa muscular y disminución de grasa corporal (Kraemer et al., 2006), sin embargo, al no contar con un perfil hormonal y endocrino no se puede llegar a una conclusión definitiva.

Goto et al. (2009) encontró diversas respuestas hormonales y metabólicas luego de comparar estímulos excéntricos contra concéntricos, obteniendo según la duración del tiempo bajo tensión diferentes picos hormonales y enzimáticos, uno de sus hallazgos fue que a mayor tiempo de trabajo en las acciones excéntricas hay un decremento en las concentraciones de lactato y cortisol, siendo este último el responsable de la utilización

de energía de ciertos sustratos, entre ellos, la grasa, sin embargo el tiempo de trabajo en nuestro estudio fue solamente de dos segundos a diferencia de lo realizado por Goto et al., quienes mantuvieron el trabajo en la fase excéntrica durante cinco segundos.

Otro aspecto fundamental respecto a estos resultados puede ser el bajo coste energético de las acciones musculares excéntricas, lo que tal vez no fue suficiente para lograr una oxidación de grasas y de convertir el tejido adiposo en energía, siendo también un factor importante el reclutamiento y activación de fibras musculares tipo IIx las cuales son enfocadas hacia el trabajo anaerobio sin llegar a la resistencia y con ello una utilización de las grasas como sustrato energético como en el caso de las fibras tipo I de contracción lenta las cuales se activan en el trabajo de resistencia (Zacharia et al., 2019).

#### **4.6. Conclusiones**

Luego de comparar la aplicación del entrenamiento excéntrico versus concéntrico durante cinco semanas, se concluye que el protocolo excéntrico es más efectivo para el desarrollo de la fuerza máxima que el concéntrico en miembros inferiores, sin embargo, en lo que a potencia muscular concierne, no hubo diferencias significativas al igual que en la composición corporal lo que sugiere que ambos protocolos tienen efectos parecidos sobre la fuerza máxima en miembros superiores, potencia muscular, masa libre de grasa y masa grasa de los participantes del estudio.

#### **4.7. Limitaciones del estudio**

Este estudio se realizó durante la pandemia por COVID-19 lo que afectó directamente en la muestra ya que dos participantes tuvieron que abandonar el estudio debido a que salieron positivos a la prueba COVID, además, otros dos participantes abandonaron el entrenamiento por cuestiones ajenas al entrenamiento lo que propició

que los grupos quedaran dispares ya que previamente se habían pareado por posición y con base en los valores de sus pruebas iniciales.

Otro factor que pudo ser importante fue la falta de un grupo control debido a los pocos participantes que se tenían, además, de no contar con un dispositivo de tecnología isoinercial para poder comparar los resultados obtenidos en nuestro estudio y de esa manera poder identificar cuál es una mejor opción para un entrenamiento de carácter excéntrico.

#### **4.8. Futuras investigaciones**

Las investigaciones que se lleven a cabo posteriormente, deben tener cuidado en puntos importantes como los mencionados anteriormente, además poder diseñar un programa acorde las necesidades de los atletas que así lo requieran, ya que actualmente por la contingencia fue un poco complicado.

A su vez, realizar más investigaciones de los efectos del entrenamiento excéntrico sobre las variables de este estudio, ya que, al parecer, y para el conocimiento de los investigadores, este ha sido el primero en realizarse con atletas de basquetbol de estas características, por lo que, a falta de información en la literatura se puede enriquecer aún más en este tipo de atletas juveniles y de la disciplina del basquetbol.

De esta investigación se obtuvieron los siguientes productos:

2023 publicación de artículo original de la tesis en la Revista Digital: Actividad Física y Deporte de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

“Efectos de un programa de entrenamiento excéntrico sobre la potencia muscular y fuerza máxima en basquetbolistas”

2022 aceptación y publicación de artículo de revisión sistemática en la Revista RETOS

“La hidroterapia y sus efectos sobre el dolor muscular tardío en deportistas: una revisión sistemática”

2022 aceptación y publicación de artículo de revisión sistemática en la Revista Mexicana de Ciencias de la Cultura Física de Ciencias de la Cultura Física

“Entrenamiento excéntrico para el desarrollo de la potencia muscular: una revisión sistemática”

## REFERENCIAS

Abbott, B. C., Bigland, B., & Ritchie, J. M. (1952). The physiological cost of negative work. *The Journal of physiology*, 117(3), 380.

Aagaard, P. (2010). The use of eccentric strength training to enhance maximal muscle strength, explosive force (RDF) and muscular power-consequences for Athletic performance. *The open sports sciences journal*, 3(1).

Altavilla, G., & Raiola, G. (2019). A brief review on physiological commitment in basketball: An interpretative key.

Asmussen, E. (1953). Positive and negative muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 28(4), 364-382.

Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Vol. 302). Inde.

Balsalobre-Fernández, C., Nevado-Garroza, F., del Campo-Vecino, J., & Ganancias-Gómez, P. (2015). Repetición de esprints y salto vertical en jugadores jóvenes de baloncesto y fútbol elite. *Apunts Educación Física y Deportes*, (120), 52-57.

Barstow, I. K., Bishop, M. D., & Kaminski, T. W. (2003). Is enhanced-eccentric resistance training superior to traditional training for increasing elbow flexor strength?. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2(2), 62.

Beato, M., Bigby, A. E., De Keijzer, K. L., Nakamura, F. Y., Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2019). Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. *PloS one*, 14(9), e0222466.

Beato, M., Stiff, A., & Coratella, G. (2021). Effects of postactivation potentiation after an eccentric overload bout on countermovement jump and lower-



limb muscle strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(7), 1825-1832.

Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75.

Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J., & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European journal of applied physiology*, 92 (4-5), 518-523.

Benford, J., Hughes, J., Waldron, M., & Theis, N. (2021). Concentric versus eccentric training: Effect on muscle strength, regional morphology, and architecture. *Translational Sports Medicine*, 4(1), 46-55.

Ben-Sira, D., Ayalon, A., & Tavi, M. (1995). The effect of different types of strength training on concentric strength in women. *J Strength Cond Res*, 9(3), 143-148.

Berg, H. E., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, space, and environmental medicine*, 65(8), 752-756.

Berg, H. E., & Tesch, P. A. (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta astronautica*, 42(1-8), 219-230.

Bertuzzi, R., Batista, M., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Franchini, E., ... & Barroso, R. (2009). Asociación entre Tests Neuromusculares y el Rendimiento en Kumite en el Equipo Nacional de Karate de Brasil-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. *PubliCE*.

Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligekas, P., & Brown, L. E. (2019). Comparison between unilateral and bilateral plyometric

training on single-and double-leg jumping performance and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 633-640.

Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Brown, L. E., Selima, E., Veligekas, P., Spengos, K., & Terzis, G. (2018). Muscle fiber and performance changes after fast eccentric complex training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(4), 729-738.

Bogdanis, G. C., Ziagos, V., Anastasiadis, M., & Maridaki, M. (2007). Effects of two different short-term training programs on the physical and technical abilities of adolescent basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(2), 79-88.

Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. A. (2007). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Paidotribo.

Bonder, I. J., & Shim, A. L. (2022). In-Season Training Model for National Association of Intercollegiate Athletics Female Basketball Players Using “Microdosed” Programming. *Strength & Conditioning Journal*, 10-1519.

Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P. V., Fekete, G., & Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 116(4), 343-349.

Bosco, C. (1987). Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica con los test de Bosco. *Apunts Medicina de l' Esport (Castellano)*, 24(093), 151-156.

Bosco, C. (2000). La fuerza muscular; aspectos metodológicos (Vol. 307). Inde.

Brandenburg, J. E., & Docherty, D. (2002). The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 25-32.

Bridgeman, L., Gill, N., & McGuigan, M. (2015). Eccentric exercise as a training modality: a brief review.

Bridgeman, L. A., Gill, N. D., Dulson, D. K., & McGuigan, M. R. (2017). The effect of exercise-induced muscle damage after a bout of accentuated eccentric load drop jumps and the repeated bout effect. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 386-394.

Brockett, C., Warren, N., Gregory, J. E., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain research*, 771(2), 251-258.

Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). Recomendación de Procedimientos de la ASEP (Sociedad Americana de Fisiólogos del Ejercicio): Evaluación Exacta de la Fuerza y la Potencia Muscular-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. *PubliCE*.

Cabanillas, R., Serna, J., Muñoz-Arroyave, V., & Ramos, J.A.E. (2020). Effect of eccentric overload trough isoinertial technology in basketball players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 22.

Cadore, E. L., González-Izal, M., Pallarés, J. G., Rodriguez-Falces, J., Häkkinen, K., Kraemer, W. J., ... & Izquierdo, M. (2014). Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(5), e343-e352.

Candia-Luján, R. (2015). Efectos sobre la masa muscular y las manifestaciones de la fuerza, del entrenamiento unilateral excéntrico vs concéntrico.

Carvalho, T., Crisp, A., Lopes, C., Crepaldi, M., Calixto, R., Pereira, A., ... & Verlengia, R. (2015). Effect of eccentric velocity on muscle damage markers after bench press exercise in resistance-trained men. *Gazz Med Ital*, 174, 1-2.

Carrillo, R. B. (2011). *Manual de fitness*. Wanceulen SL.

Castillo, M., & de la Luz, M. (2014). Ejercicio excéntrico; perspectivas: respuesta morfológica, celular y molecular. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 26(2), 44.

Cervera, V. O. (1999). Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición (Vol. 303). Inde.

Chandler, J. (1986). Basketball: goals and activities for athletic conditioning in basketball. *Strength & Conditioning Journal*, 8(5), 52-55.

Close, G. L., Ashton, T., McArdle, A., & Maclaren, D. P. (2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 142(3), 257-266.

Connolly, D. A., Sayers, S. P., & McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of strength and conditioning research*, 17(1), 197-208.

Contreras-Diaz, G., Jerez-Mayorga, D., Delgado-Floody, P., & Arias-Poblete, L. (2018). Methods of evaluating the force-velocity profile through the vertical jump in athletes: a systematic review. *Archivos de Medicina del Deporte*, 333-339.

Cook, C. J., Beaven, C. M., & Kilduff, L. P. (2013). Three weeks of eccentric training combined with overspeed exercises enhances power and running speed performance gains in trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1280-1286.

Coratella, G., & Schena, F. (2016). Eccentric resistance training increases and retains maximal strength, muscle endurance, and hypertrophy in trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(11), 1184-1189.

Cortés, M. J. G. (2010). Metodología del entrenamiento de la fuerza en fútbol. *Fútbol: Cuaderno Técnico nº 45*, 3.

Cowell, J. F., Cronin, J., & Brughelli, M. (2012). Eccentric muscle actions and how the strength and conditioning specialist might use them for a variety of purposes. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 33-48.

Cuenca Fernández, F., Gay Párraga, A., Ruiz Navarro, J. J., Morales Ortiz, E., López Contreras, G., & Arellano Colomina, R. (2020). Rendimiento en natación después de un protocolo de entrenamiento excéntrico de posactivación.

De Castro, A. P. A., Macedo Vianna, J., de Oliveira Damasceno, V., Gama De Matos, D., & Reis, V. M. (2012). Recuperación Muscular luego de una Sesión de Entrenamiento con Sobrecarga, Monitoreada a través de la Creatina Quinasa Sérica. *PubliCE Premium*.

De Keijzer, K. L., McErlain-Naylor, S. A., Iacono, A. D., & Beato, M. (2020). Effect of volume on eccentric overload-induced postactivation potentiation of jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(7), 976-981.

De las Casas, H., Kleis, K., Richter, H., Sparks, K., & van den Bogert, A. (2019). Eccentric training with a powered rowing machine. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 2, 100008.

Di Cagno, A., Iuliano, E., Buonsenso, A., Giombini, A., Di Martino, G., Parisi, A., ... & Fiorilli, G. (2020). Effects of Accentuated Eccentric Training vs Plyometric Training on Performance of Young Elite Fencers. *Journal of sports science & medicine*, 19(4), 703.

Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. A., Aschieri, P., Eusebi, F., ... & Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European journal of applied physiology*, 2009, vol. 107, no 5, p. 603.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2018). Effects of accentuated eccentric loading on muscle properties, strength, power, and speed in resistance-trained rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(10), 2750-2761.

Drouzas, V., Katsikas, C., Zafeiridis, A., Jamurtas, A. Z., & Bogdanis, G. C. (2020). Unilateral plyometric training is superior to volume-matched bilateral training for improving strength, speed and power of lower limbs in preadolescent soccer athletes. *Journal of human kinetics*, 74(1), 161-176.

Duncan, P. W., Chandler, J. M., Cavanaugh, D. K., Johnson, K. R., & Buehler, A. G. (1989). Mode and speed specificity of eccentric and concentric exercise training. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(2), 70-75.

Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of applied physiology*, 81(6), 2339-2346.

Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, S60-S79.

Farthing, J. P., & Chilibeck, P. D. (2003). The effect of eccentric training at different velocities on cross-education. *European journal of applied physiology*, 89(6), 570-577.

Fisher, J. P., Ravalli, S., Carlson, L., Bridgeman, L. A., Roggio, F., Scuderi, S., & Musumeci, G. (2020). The “Journal of Functional Morphology and Kinesiology” Journal Club Series: Utility and Advantages of the Eccentric Training

through the Isoinertial System. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(1), 6.

Friden, J., Sfikianos, P. N., & Hargens, A. R. (1986). Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. *Journal of Applied Physiology*, 61(6), 2175-2179.

Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., ... & Bärtsch, P. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European journal of applied physiology*, 108(4), 821-836.

García-Chaves, D. C., Serrano, L. F., & Franco, S. A. (2021). Relación entre potencia muscular, rendimiento físico y competitivo en jugadores de baloncesto. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (41), 191-198.

García, R. (2007). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista de la facultad de educación, Universidad de Murcia*, 2-10.

Gleeson, N., Eston, R., Marginson, V., & McHugh, M. (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *British journal of sports medicine*, 37(2), 119-125.

Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., & Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of human kinetics*, 52(1), 95-106.

Goldberg, A. L., Etlinger, J. D., Goldspink, D. F., & Jablecki, C. (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and science in sports*, 7(3), 185-198.

González-Badillo, J.J., Marques, M.C., & Sánchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of Human Kinetics*. 29, (15)

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(05), 347-352.

González-Badillo, J.J., Yañez-García, J.M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International journal of sports medicine*. DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-120324>

González, J. R., Moreno-Arrones, L. J. S., Bretones, A. R., & de Villarreal Sáez, E. S. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (33), 106-111.

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., & Méndez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-overload training in team sports functional performance: constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. *International journal of sports physiology and performance*. 12(7), 951-958.

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Arjol-Serrano, J.L., Suarez-Arrones, L., Casajúd, J.A., & Mendez-Villanueva, A. (2016). Improvement of repeated sprint ability and horizontal-jumping performance in elite Young basketball players with low-volume repeated-maximal-power training. *International journal of sport physiology and performance*, 11(4), 464-473.

Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Kraemer, R. R., Honda, Y., & Takamatsu, K. (2009). Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise



with different durations of concentric and eccentric actions. *European journal of applied physiology*, 106(5), 731-739.

Gottlob, A. (2007). ENTRENAMIENTO MUSCULAR DIFERENCIADO. Tronco y columna vertebral (Bicolor)(Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Gulick, D. T., & Kimura, I. F. (1996). Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it?. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5(3), 234-243.

Güereca Arvizuo, J. (2020). Respuesta de creatina quinasa a un ejercicio supramaximo en genotipos de ACTN3. *Instituto de Ciencias Biomedicas*.

Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2017). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico NSCA (Color)*. Paidotribo.

Harper, S. A., & Thompson, B. J. (2021). Potential benefits of a minimal dose eccentric resistance training paradigm to combat sarcopenia and age-related muscle and physical function deficits in older adults. *Frontiers in Physiology*, 2170.

Hernández, J.L., Monteagudo, P., & Sabido, R. (2018). Comparison of six weeks eccentric overload training between bilateral and unilateral squat in basketball players. *European Journal of Human Movement*, 40, 111-121.

Highbie, E. J., Cureton, K.j., Warren III, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of applied physiology*.

Hill, A. V. (1925). Length of muscle, and the heat and tension developed in an isometric contraction. *The Journal of physiology*, 60(4), 237.

Hollander, D. B., Kraemer, R. R., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., Francois, M., ... & Tryniecki, J. L. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 37-40.

Hortobágyi, T. (2003). The positives of negatives: clinical implications of eccentric resistance exercise in old adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(5), M417-M418.

Howatson, G., Van Someren, K., & Hortobágyi, T. (2007). Repeated bout effect after maximal eccentric exercise. *International journal of sports medicine*, 28(07), 557-563.

Hughes, J. D., Massiah, R. G., & Clarke, R. D. (2016). The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(12), 3450-3455.

Ioannides, C., Apostolidis, A., Hadjicharalambous, M., & Zaras, N. (2020). Effect of a 6-week plyometric training on power, muscle strength, and rate of force development in young competitive karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 20 (4), 1740-1746.

Kaminski, T. W., Wabbersen, C. V., & Murphy, R. M. (1998). Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: clinical implications. *Journal of athletic training*, 33(3), 216.

Kraemer, W. (2006). *Entrenamiento de la fuerza*. Editorial Hispano Europea

Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Reeves, G. V., Francois, M., Ramadan, Z. G., Meeker, B., ... & Castracane, V. D. (2006). Similar hormonal responses to concentric and eccentric muscle actions using relative loading. *European journal of applied physiology*, 96(5), 551-557.

Kraemer, W. J., & Spiering, A. (2008). Crecimiento muscular. *National Strength & Conditioning Association (ed.). Entrenamiento de la fuerza*, 29-44.

Laffaye, G., & Wagner, P. (2013). Eccentric rate of force development determines jumping performance. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 16(1), 82-83.

Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C., & Reich, T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contraction. *Physiology*, 16(6), 256-261.

LaStayo, P. C., Woolf, J. M., Lewek, M. D., Snyder-Mackler, L., Reich, T., & Lindstedt, S. L. (2003). Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(10), 557-571.

Lopez, J. C., & Fernandez, A. V. (2006). *Fisiologia del ejercicio/Physiology of Exercise*. Ed. Médica Panamericana.

López, C., López, F. (1994). Baloncesto: Deporte eminentemente explosivo. *Clinic*, 25, 4-7.

McHugh, M. P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(2), 88-97.

Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 100(3), 771-779.

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of human kinetics*, 60(1), 133-143.

Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2007). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Martínez-Majolero, V., Balsalobre-Fernández, C., Villacieros-Rodríguez, J., & Carlos, M. (2013). Relaciones entre el salto vertical y la velocidad de mae-geri en karatecas de nivel internacional, especialidad kata. *Apunts. Educación física y deportes*, 4(114), 58-64.

Matveev, L. P. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo*. Editorial Paidotribo.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.

McNeill, C., Beaven, C. M., McMaster, D. T., & Gill, N. (2019). Eccentric training interventions and team sports athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(4), 67.

Meneghel, A. J., Verlengia, R., Crisp, A. H., Aoki, M. S., Nosaka, K., Da Mota, G. R., & Lopes, C. R. (2014). Muscle damage of resistance-trained men after two bouts of eccentric bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2961-2966.

Miller, T. (2016). *Guía de pruebas y evaluaciones de la NSCA*. Paidotribo.

Mike, J. N., Cole, N., Herrera, C., VanDusseldorp, T., Kravitz, L., & Kerksick, C. M. (2017). The effects of eccentric contraction duration on muscle strength, power production, vertical jump, and soreness. *Journal of strength and conditioning research*, 31(3), 773-786.

Mike, J., Kerksick, C.M., & Kravitz, L. (2015). How to incorporate eccentric training into a resistance training program. *Strength & Conditioning Journal*, 37(1), 5-17.

Mirella, R. (2006). *Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Cox, A. J., Hopkins, W. G., Minahan, C. L., & Hunt, P. H. (2008). Muscle damage, inflammation, and recovery interventions during a 3-day basketball tournament. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 241-250.

Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of sports sciences*, 26(11), 1135-1145.

Mosteiro-Muñoz, F., & Domínguez, R. (2017). Efectos del entrenamiento con sobrecargas isoinerciales sobre la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 17(68), 757-773.

Nabli, M. A., Abdelkrim, N. B., Castagna, C., Jabri, I., Batikh, T., & Chamari, K. (2017). Energy demands and metabolic equivalents (METs) in U-19 basketball refereeing during official games. *Journal Sports Medicine Doping Studies*, 7(190), 2161-0673.

Naclerio Ayllón, F. J. (2010). *Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*.

Naclerio, F., Rodríguez, G., & Forte, D. (2009). Determinación de las zonas de entrenamiento de fuerza explosiva y potencia por medio de un test de saltos con pesos crecientes. *Revista Kronos*, 8(15).

Newham, D. J. (1988). The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 57(3), 353-359.

Nickols-Richardson, S. M., Miller, L. E., Wootten, D. F., Ramp, W. K., & Herbert, W. G. (2007). Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporosis international*, 18(6), 789-796.

Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European journal of applied physiology*, 110(5), 997-1005.

Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1997). Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of sports sciences*, 15(5), 477-483.

Nosaka, K., & Newton, M. (2002). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(1), 63-69.

Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PloS one*, 13(3), e0193841.

Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2017). The high-pull exercise: a comparison between a versapulley flywheel device and the free weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 527-532.

Oliveira, A. S., Corvino, R. B., Caputo, F., Aagaard, P., & Denadai, B. S. (2016). Effects of fast-velocity eccentric resistance training on early and late rate of force development. *European journal of sport science*, 16(2), 199-205.

Ong, J. H., Lim, J., Chong, E., & Tan, F. (2016). The effects of eccentric conditioning stimuli on subsequent counter-movement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 747-754.

Padulo, J., Laffaye, G., Ardigò, L. P., & Chamari, K. (2013). Concentric and eccentric: muscle contraction or exercise? *Journal of human kinetics*, 37(1), 5-6.

Papadopoulos, C., Theodosiou, K., Bogdanis, G. C., Gkantiraga, E., Gissis, I., Sambanis, M., ... & Sotiropoulos, A. (2014). Multiarticular isokinetic high-load eccentric training induces large increases in eccentric and concentric strength and jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2680-2688.

Pasquet, B., Carpentier, A., Duchateau, J., & Hainaut, K. (2000). Muscle fatigue during concentric and eccentric contractions. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 23(11), 1727-1735.

Patterson, C., & Raschner, C. (2020). Supramaximal Eccentric Training for Alpine Ski Racing—Strength Training with the Lifter. *Applied Sciences*, 10(24), 8831.

Philippou, A., Maridaki, M., Tenta, R., & Koutsilieris, M. (2017). Hormonal responses following eccentric exercise in humans. *Hormones*, 16(4), 405-413.

Picón-Martínez, M., Chulvi-Medrano, I., Cortell-Tormo, J. M., & Cardozo, L. A. (2019). La potenciación post-activación en el salto vertical: Una revisión Post-activation potentiation in vertical jump: A review. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2041, 44-51.

Pimenta, E. M., Coelho, D. B., Cruz, I. R., Morandi, R. F., Veneroso, C. E., de Azambuja Pussieldi, G., & Fernandez, J. A. D. P. (2012). The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1495-1503.

Platonov, V. N., & Bulatova, M. (2007). La preparación física (Vol. 3). Editorial Paidotribo.

Raposo, A. V. (2000). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Roig, M., MacIntyre, D. L., Eng, J. J., Narici, M. V., Maganaris, C. N., & Reid, W. D. (2010). Preservation of eccentric strength in older adults: Evidence, mechanisms and implications for training and rehabilitation. *Experimental gerontology*, 45(6), 400-409.

Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 43(8), 556-568.

Roschel, H., Batista, M., Monteiro, R., Bertuzzi, R. C., Barroso, R., Loturco, I., & Franchini, E. (2009). Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian Karate National Team, 8(CSSI3), 20.

Ryschon, T. W., Fowler, M. D., Wysong, R. E., Anthony, A. R., & Balaban, R. S. (1997). Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *Journal of applied physiology*, 83(3), 867-874.

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138-143.

Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British journal of sports medicine*, 38(4), 386-387.

San Román-Quintana, J., Calleja-González, J., Gómez, D.C., & Paulis, J.C. (2010). Entrenamiento de la capacidad de salto en el baloncesto: una revisión.



(training jump ability in the basketball player: a review). *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(16), 55-64.

Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 903-909.

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., Vigotsky, A. D., Franchi, M. V., & Krieger, J. W. (2017). Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(9), 2599-608.

Seger, J. Y., Arvidsson, B., Thorstensson, A., & Seger, J. Y. (1998). Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79(1), 49-57.

Seger, J. Y., & Thorstensson, A. (2005). Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. *International journal of sports medicine*, 26(01), 45-52.

Shephard, R. J., & Åstrand, D. (2007). *La Resistencia en el deporte (Vol. 2)*. Editorial Paidotribo.

Sonkodi, B., Berkes, I., & Koltai, E. (2020). Have we looked in the wrong direction for more than 100 years? Delayed onset muscle soreness is, in fact, neural microdamage rather than muscle damage. *Antioxidants*, 9(3), 212.

Stasinaki, A. N., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019): Rate of force development and muscle architecture after fast and slow velocity eccentric training. *Sports*, 7(2), 41.

Stiff, M., & Verkoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento. Paidotribo: Barcelona*.

Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., & Stone, M. H. (2019). Implementing eccentric resistance training—Part 1: A brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 38.

Suverza, A., & Haua, K. (2009). Manual de antropometría para la evaluación del estado nutricional en el adulto. *Universidad. México DF*, 118-21.

Tansel, R. B., Salci, Y., Yildirim, A., Kocak, S., & Korkusuz, F. (2008). Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10–12 year old male basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 16(2), 81-85.

Thompson, W., Gordon, N., Pescatello, L. (2010). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th edition. American College of Sports Medicine.

Tinwala, F., Cronin, J., Haemmerle, E., & Ross, A. (2017). Eccentric strength training: A review of the available technology. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 32-47.

Toumi, H., Best, T. M., Martin, A., F'guyer, S., & Poumarat, G. (2004). Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *International journal of sports medicine*, 25(05), 391-398.

Tsolakis, C., & Bogdanis, G. C. (2012). Acute effects of two different warm-up protocols on flexibility and lower limb explosive performance in male and female high level athletes. *Journal of sports science & medicine*, 11(4), 669.

Tsolakis, C. K., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influencia del Tipo de Contracción Muscular y del Género sobre la Potenciación Post-Activación de los Miembros Superiores e Inferiores durante Movimientos Explosivos en Esgrimistas de Elite. *PubliCE Standard*.

Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian journal of physical therapy*, 24(5), 424-432.

Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of applied Physiology*, 116(11), 1446-1454.

Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Wilk, M., Golas, A., Krzysztofik, M., Nawrocka, M., & Zajac, A. (2019). The effects of eccentric cadence on power and velocity of the bar during the concentric phase of the bench press movement. *Journal of sports science & medicine*, 18(2), 191.

Wilmore Jack, H., & Costill David, L. (2009). *Physiology of sports and exercise*. Madrid, España. Editorial medica panamericana.

Wilmore Jack, H., & Costill David, L. (2014). *Physiology of Sport and Exercise--Spanish*. Human Kinetics.

Wirth, K., Keiner, M., Szilvas, E., Hartmann, H., & Sander, A. (2015). Effects of eccentric strength training on different maximal strength and speed-strength parameters of the lower extremity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1837-1845.

Zacharia, E., Spiliopoulou, P., Methenitis, S., Stasinaki, A. N., Zaras, N., Papadopoulos, C., ... & Terzis, G. (2019). Changes in Muscle Power and Muscle Morphology with Different Volumes of Fast Eccentric Half-Squats. *Sports*, 7(7), 164.

## **Anexos**



**Universidad Autónoma De Chihuahua**  
**Facultad de Ciencias de la Cultura Física**  
**Doctorado en Ciencias de la Cultura Física**  
**Carta de consentimiento informado**

A quien corresponda:

Declaro libremente que mi nombre es \_\_\_\_\_ y que deseo participar (o da permiso a su hijo(a)) en este proyecto de investigación el cual consta de una evaluación de parámetros bioquímicos y físicos con la finalidad de obtener datos para concretar este proyecto sin fines de lucro.

**Entiendo que estaré como sujeto de investigación en los siguientes casos y procedimientos:**

- 1.- Medición de la capacidad física mediante pruebas de fuerza, potencia muscular y capacidad de salto.
- 2.- Medición de parámetros bioquímicos sanguíneos mediante una punción venosa.
- 3.- Medición de la masa muscular mediante bioimpedancia.

Los procedimientos pueden incluir los siguientes riesgos:

- 1.- Dolor después de la extracción sanguínea.
- 2.- Dolor muscular relacionado con el entrenamiento.
- 3.- Riesgo de caídas o golpes durante el entrenamiento

Se me ha informado que soy libre de retirarme en el momento que no me sienta cómodo con la investigación y que mis datos serán confidenciales en todo momento y que si necesito saber los resultados del estudio puedo ir a solicitarlos libremente.

Para dar fe y legalidad firman como testigos \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

Lugar y fecha \_\_\_\_\_

**Código de ética del ejercicio profesional de la salud e investigación de la  
Asociación Médica Mundial**

Según el código de ética de la declaración de Helsinki en 1964 de la Asociación Médica Mundial en materia investigación dice lo siguiente:

En toda investigación donde el ser humano sea objeto de estudio se deberá respetar la dignidad, protección de sus derechos y bienestar, así como la confidencialidad de sus datos.

Deberá ser aprobado por el comité de ética correspondiente según sea su caso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Sujeto	Edad	Esttura	Peso	FPS	CMJ	Balón (cm)	RM sentadi (k	80% sentadilla	85% sentadilla	105% sentadilla	Rm press (kg)	80% press	85% press	105% press	RM peso m (k	80% peso m
2	Roberto	17.2	187.4	97.4	14, 14, 14	26.6, 26.6, 26	419, 462.5, 460	124.4	99.52	105.74	130.62	65.4	52.32	55.59	68.67	100.8	80.64
3	Alejandro	17.3	193.8	77.5	17, 17, 17	39.3, 39.3, 39	538x, 479, 452, 41	119.8	95.84	101.83	125.79	65.4	52.32	55.59	68.67	123.4	96.72
4	Gerardo	18.2	200.7	79.2	18, 18, 18	44.1, 44.1, 44	499, 552x, 471, 51	119.8	95.84	101.83	125.79	65.8	52.64	55.93	69.09	123.4	96.72
5	German	18.2	188.1	101.6	16, 16, 16	34.8, 34.8, 34	583, 487, 535	119.8	95.84	101.83	125.79	69.8	55.84	59.33	73.29	123.4	96.72
6	Mauricio	18	171.4	67.3	17, 17, 17	39.3, 39.3, 39	390, 475, 486	125.4	100.32	106.59	131.67	74.4	59.52	63.24	78.12	105.4	84.32
7	Gasel	16.7	177.3	58.3	17, 18, 17	39.3, 44.1, 39	407, 423, 439	120.8	96.64	102.68	126.84	65.4	52.32	55.59	68.67	105.4	84.32
8	Pabito	17.6	165.9	50.4	16, 16, 16	34.8, 34.8, 34	332, 380, 384	114.4	91.52	97.24	120.12	65.4	52.32	55.59	68.67	95.4	76.32
9	Pablo vill	17.4	180.8	84.3	17, 16, 17	39.3, 34.8, 39	393, 408, 409	125.4	100.32	106.59	131.67	69.8	55.84	59.33	73.29	120	96
10	Julio	18.3	179.4	75	17, 17, 17	39.3, 39.3, 39	394, 494, 480	120.8	96.64	102.68	126.84	74.4	59.52	63.24	78.12	120.8	96.64
11	Asel	17.5	186.4	75.9	19, 19, 20	49.1, 49.1, 54.4	415, 418, 476	129.8	103.84	110.33	136.29	65.4	52.32	55.59	68.67	130.8	104.64
12	Pedro	18.3	177.9	76.1	16, 16, 16	34.8, 30.6, 34	400, 463, 454	114.4	91.52	97.24	120.12	69.8	55.84	59.33	73.29	109.8	87.84
13	Sergio	16.5	184.7	69.5	18, 18, 18	44.1, 44.1, 44.1	377, 417, 422	134.4	107.52	114.24	141.12	69.8	55.84	59.33	73.29	120.8	96.64
14																	
15	Media	17.6	182.8167	76.04167				122.4333333				68.4				114.95	
16	ds	0.616441	3.499362	14.04419				5.832095107				3.458848994				11.08122901	
17																	
18																	
19								1226	0.266995566								
20								0.033333333	0.217777778			14					
21		alas															
22		btadores										con 80					
23		postes										enc 100					
24																	
25			peso 2	FPS	CMJ2	Balon 2	rm sentadilla 2	rm press 2	pot 30 sent 2	pot 30 press 2							caract generales
26		Roberto	93.4	14, 16, 16	26.6, 34.8, 34	427, 423, 466	155.4	69.8									
27		German	100.9	16, 16, 17	34.8, 34.8, 39	478, 509, 536	155.4	74.4									
28		Mauricio	68.5	17, 16, 17	39.3, 34.8, 39	440, 483, 496	155.4	80									
29		Pabito	50.9	16, 16, 16	34.8, 30.6, 34	480, 447, 482	140	69.8									
30		asel	77.9	20, 20, 20	54.4, 54.4, 54	451, 451, 458	155.4	74.4									
31		pedro	75.8	17, 17, 17	39.3, 39.3, 39	462, 492, 476	160	74.4									
32		sergio	71	19, 19, 19	43.1, 43.1, 43.1	423, 470, 480	160	80									
33		julio	74.5	18, 18, 17	44.1, 44.1, 39.3	535, 520, 540	173.4	85.4									
34							156.875	76.025									
35							3.150136611	5.410505654									