



**Efecto de Un Programa de Entrenamiento Isoinercial sobre la Potencia
Muscular en Jugadores de Fútbol de la Categoría Sub 20 del Club
Deportivo La Equidad Seguros**

David Felipe Del Castillo Londoño

Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, Facultad de Medicina,
Departamento Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia
2019

**Efecto de Un Programa de Entrenamiento Isoinercial sobre la Potencia
Muscular en Jugadores de Fútbol de la Categoría Sub 20 del Club
Deportivo La Equidad Seguros**

David Felipe Del Castillo Londoño

Fisioterapeuta Especialista en Actividad Física

Tesis presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física.

Director (a):

Ph.D. Érica Mabel Mancera Soto

Grupo de Investigación:

Kinesiología, Salud y Desarrollo

Universidad Nacional de Colombia

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, Facultad de Medicina,

Departamento del Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

2019

Dedicatoria

A mi familia que son la mayor motivación de superarme cada día para poder salir adelante junto a ellos, al club deportivo la equidad que me ha brindado el tiempo para crecer profesionalmente y, a mi mentor el doctor Christian Quiceno que cada día ha sido un apoyo fundamental durante toda mi carrera, al fútbol que me permite vivir experiencias nuevas y se ha convertido en mi estilo de vida.

Agradecimientos

Agradezco al Club Deportivo la Equidad Seguros que me ha brindado todas las herramientas para realizar este proyecto, desde su presidente el Doctor Carlos Mario Zuluaga, el Departamento Médico encabezado por el Doctor Christian Quiceno, que permitieron la elaboración del proyecto en las fuerzas básicas del club categoría sub 20 b. Los Fisioterapeutas María Alejandra Samudio y José Iván Mantilla. A mi asesora Érica Mancera por su dedicación y paciencia para ayudarme a culminar con este trabajo y estar ahí en todo momento.

RESUMEN

Introducción: El fútbol, es el deporte más practicado a nivel mundial en donde para llegar a competir en gran nivel los jugadores necesitan características físicas especiales como la potencia, velocidad y fuerza complementadas con habilidades técnicas y tácticas. El fútbol, es uno de los deportes colectivos en donde más se entrena la potencia muscular sobretodo en miembros inferiores, los movimientos característicos de este deporte son el pateo, los saltos, aterrizajes y cambios de velocidad y dirección; que requieren del buen desarrollo de esta cualidad física para su ejecución. **Objetivo** Determinar el efecto de un programa de entrenamiento Isoinercial de 8 semanas de duración sobre la potencia muscular de los miembros inferiores de jugadores de futbol categoría sub 20, del Club Deportivo La Equidad Seguros. **Método:** Se desarrolló un ensayo controlado aleatorizado en un grupo de 24 futbolistas hombres entre los 18 y 20 años que cumplieran con los criterios de inclusión, fueron aleatorizados a

dos intervenciones diferentes. El grupo de intervención (GI) realizó un protocolo de entrenamiento isoinercial a través del dispositivo (YoYo® Technology Inc., Stockholm, Sweden). El grupo control (GC) realizó un entrenamiento convencional basado en máquinas de gimnasio pesas y pliometría. El estudio se dividió en un periodo de 8 semanas donde las primeras dos semanas se realizara un acoplamiento a las máquinas, entrenamiento del gesto motor, calidad de movimiento donde al iniciar la tercera semana se realizó la evaluación inicial, se realizó otra evaluación a las 6 semana y una evaluación final a las 8 semana con la plataforma Axon Jump® y una al iniciar la tercera semana y a la 8 semana con el sistema Smart Coach™. Esta evaluación se hizo mediante salto vertical en Plataforma Axon® con las variables tiempo de vuelo, altura alcanzada y velocidad de despegue y en el dispositivo Yoyo de entrenamiento isoinercial combinado con el software SmartCoach™ se analizarán estadísticamente las variables: Potencia media concéntrica (watts), Potencia media Excéntrica

(watts). **Resultados:** El grupo de intervención y el grupo control evidenciaron un aumento en las variables analizadas como tiempo de vuelo, altura alcanzada y velocidad de despegue, registrando mejoría con un ($p < 0,05$) resultados que no fueron significativamente estadísticos.

Conclusiones: Aunque no hubo resultados significativos entre los grupos se evidencia que el entrenamiento de tipo isoinercial demuestra ser más efectivo en la ganancia de fuerza y potencia muscular en jugadores de fútbol con respecto al tiempo y número de ejercicios realizados por medio de este tipo de entrenamiento. Estos resultados concluyen que se puede optimizar en menor tiempo el trabajo de potencia en los jugadores de fútbol sub 20.

Palabras clave: (flywheel, entrenamiento excéntrico, entrenamiento isoinercial, SmartCoach™, potencia muscular, jugadores de fútbol).

fulfilled the inclusion criteria; these was done randomized to two different

ABSTRACT

Introduction: Soccer is the most practiced sport in the world where, in order to compete at a high level, players need special physical characteristics such as power, speed and strength, complemented by technical and tactical skills. Soccer is one of the collective sports where muscular power is mostly trained, especially in lower limbs. The characteristic movements of this sport are kicking, jumps, landings and changes in speed and direction; that require the good development of this physical quality for its execution.

Objective: Determine the effect of a 6-week Isoinercial training program on the muscular power of the lower limbs of soccer players under 20 categories, of the Club Deportivo La Equidad Seguros. **Method:** A randomized controlled trial was developed in a group of 24 male soccer players between the ages of 18 and 20 who

interventions. The intervention group (GII) performed an isoinercial training

protocol through the devices (YoYo® Technology Inc., Stockholm, Sweden). The control group (GC) performed a traditional training based on weights and plyometrics. An evaluation was made at the beginning of the research, another at 3 weeks and a final evaluation at 6 weeks with the Axon Jump platform and one at the start and at 6 weeks with the Smart Coach system. This evaluation made by vertical jump in Axon Platform with the variables flight time, height reached and takeoff speed and the Yoyo isoinercial training device combined with the SmartCoach™ software the variables they were analyzed statistically: Concentric average power (watts), Power Average Eccentric (watts).

Results: The intervention group and the control group showed an increase in the variables analyzed such as flight time, height reached and take-off speed, registering improvement with a ($p < 0.05$) results that were not statistically significant. **Conclusions:** Although there were no significant results between the groups, it is evident that the training of isoinercial type proves to be more effective in the

gain of strength and muscular power in soccer players with respect to the time and number of exercises performed by means of this type of training. These results conclude that power work can be optimized in lesser 20 soccer players in less time.

Keywords: (flywheel, eccentric training, isoinercial training, SmartCoach™, muscle power, soccer players)

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1-2
CAPITULO 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	3
2.3 Pregunta de investigación	3
2.4 Análisis PicoR	3-5
2.5 ANÁLISIS FINER	5-6
2.6 Términos MeSH	6-7
CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Justificación	17
2.3 OBJETIVOS	20
2.3.1 Objetivo general:.....	20
2.3.2 Objetivos específicos:.....	20
2.5 Impactos Esperados	21
CAPÍTULO 3. MARCO TEORICO.....	22
3.1 Concepto de Fuerza	22
3.2 Concepto de potencia Muscular.....	26
3.3 Tipos de Contracción Muscular.....	27
3.3.1 Contracción isométrica	27
3.3.2 Contracción concéntrica	28
3.3.3 Contracción excéntrica	28
3.4 Pliometría	30
3.5 Fuerza Elástica Explosiva:	32
3.5.1 Fuerza elástica explosiva-refleja.....	33
3.6 Test de Bosco	34
3.6.1 Squat Jump (SJ).....	35
3.6.2 Counter Movement Jump (CMJ).....	35
3.7 Fuerza Excéntrica	36
3.7.1 Características de la fuerza excéntrica	37
3.7.2 Ejercicio Excéntrico y ganancia de fuerza.	38
3.8 Entrenamiento Isoinercial.....	40
3.9 Importancia de la potencia muscular.....	43
CAPITULO 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51

4.1	Diseño del estudio	51
4.2	Investigadores	53
4.3	Aspectos éticos.....	53
4.3.1	Consentimiento informado	54
4.3.2	Propiedad intelectual	54
4.4	Población de estudio.....	56
4.4.1	Tamaño de la muestra.....	56
4.4.2	Criterios de selección de los participantes.....	56
4.5	Hipótesis de trabajo	57
4.6	Variables a analizar	58
4.7	Definición de variables.....	58
4.8	Procedimientos del estudio	60
4.8.1	Fase I: Convocatoria de los sujetos de estudio	60
4.8.3	Fase III: Distribución a los grupos de experimentación	61
4.8.4	Fase IV: Evaluación inicial	63
4.8.5	Fase V: Aplicación del protocolo de entrenamiento Isoinercial y Convencional	65
4.8.6	Fase VI: Evaluación post intervención	69
4.8.7	Efectos Adversos	69
4.8.8	Recolección de datos finales y análisis estadístico.....	69
4.8.9	Análisis estadístico	70
CAPÍTULO 5. RESULTADOS		71
5.1	Análisis descriptivo de los participantes	71
5.2	Análisis de las variables por evaluación, grupo y ANOVA.....	72
5.2.1	Tiempo de vuelo(TV) SJ.....	73
5.2.2	Velocidad de despegue (VD).....	75
5.2.3	Altura Alcanzada(H)	77
5.3	Potencia de miembros inferiores a través del dispositivo Smart Coach□	79
5.3.1	Potencia Media concéntrica	79
5.3.2	Potencia Media Excéntrica	81
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES		89
7.1	Conclusiones	89
7.2	Limitaciones.....	90
7.3	Recomendaciones	91

LISTA DE FIGURAS	Pág.
Figura 1 Mapa Conceptual Fuerza Muscular.....	23
Figura 2 Contraccion concetrica.....	30
Figura 3 Contraccion Excéntrica.....	31
Figura 4 Squat Jump Test	37
Figura 5 Counter Movement Jump Test.....	37
Figura 6 Dispositivo Isoinercial Exxentric Kbox	43
Figura 7 Dispositivo Polea Conica Versapulley.....	44
Figura 8 Diseño experimental.....	72
Figura 9. Box Plot Tiempo de vuelo.....	75
Figura 10 Box Plot Velocidad de despegue.....	77
Figura 11 Box Plot Altura Alcanzada.....	79
Figura 12 Box Plot Potencia concéntrica.....	81
Figura 13 Box Plot Potencia Excéntrica.....	83

LISTA DE FOTOGRAFÍAS	Pág.
Fotografía 1 Calentamiento	64
Fotografía 2 Evaluacion Smart Coach□ System.....	66
Fotografía 3 Evaluacion Plataforma Axon	67
Fotografía 4 Protocolo con maquina excentrick Box	68
Fotografía 5 Protocolo con banca de cuadriceps e isquiotibiales	68
Fotografía 6 Maquina Smith.....	69
Fotografía 7 Prensa	69
Fotografía 8 Vallas de 30 cm y steps.....	69

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Terminos MeSH.....	6-7
Tabla 2 Definición de variables.....	59-61
Tabla 3 Protocolo grupo intervencion	70
Tabla 4. Análisis descriptivo de los participantes.....	73
Tabla 5. Variable grupal tiempo de vuelo por evaluación.....	75
Tabla 6. Análisis ANOVA tiempo variable tiempo de vuelo.	75-76
Tabla 7. Variable grupal velocidad de despegue por evaluación.....	76
Tabla 8 Análisis ANOVA tiempo variable Velocidad de despegue.	77
Tabla 9 Variable grupal altura alcanzada por evaluación	79
Tabla 10 Análisis ANOVA tiempo variable Altura alcanzada.....	80
Tabla 11 Variable grupal potencia media concéntrica por evaluación.....	81
Tabla 12 Análisis ANOVA Potencia media concentrica.....	82
Tabla 13 Variable grupal potencia media excentrica por evaluacion.....	83
Tabla 14 Análisis ANOVA tiempo variable Potencia media Excéntrica.	83-84

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
A	Aceleración
CEA	Ciclo estiramiento acortamiento
CJ	Squat jump (salto en cuclillas)
CM	Centímetros
CMJ	Counter Movement Jump (Salto en contramovimiento)
CON	Concéntrico
DJ	Drop Jump (Salt en caída)
DOMS	Delayed Onset Muscle Soreness (Dolor muscular tardío)
E1	Evaluación 1
E2	Evaluación 2
E3	Evaluación 3
ECA	Ensayo controlado aleatorizado
EXC	Excéntrico
F	Fuerza
GC	Grupo Control
GII	Grupo Intervención
IMC	Índice de masa corporal
H	Altura Alcanzada
KG	Kilogramos
M	Masa
MCM	Método de carga máxima
RJ	Repeat Jump (Salto repetido)
RM	Repetición máxima
VD	Velocidad de despegue
TV	Tiempo de vuelo

INTRODUCCIÓN

La potencia muscular resulta de la combinación tanto de la fuerza como de la velocidad de aplicación de la misma. El desarrollo de la potencia depende de la interacción entre el sistema nervioso y el sistema muscular, lo cual conlleva una mejora de la coordinación inter e intramuscular. El entrenamiento de esta cualidad es imprescindible para incrementar el nivel físico de todo tipo de deportistas (Coldeportes, 2015). Por ejemplo, en el fútbol, esta cualidad física se trabaja desde las divisiones menores con el fin de desarrollar atletas más calificados y competitivos a nivel profesional (Manolopoulos, Papadopoulos, Salonikidis, Katartzi, & Poluha, 2004).

Para el futbolista, es de vital importancia el desarrollo de la potencia muscular en sus miembros inferiores tanto para el golpeo del balón, como para los saltos, movimientos explosivos, aceleraciones y cambios de dirección en velocidad, los cuales son gestos específicos que caracterizan este deporte (Moir, 2015).

Para el entrenamiento de la potencia muscular existen distintos métodos, entre ellos se destacan la pliometría, basada en el cambio rápido de la fase excéntrica a la concéntrica, lo cual mejora la fuerza elástica y se relaciona directamente con el desarrollo de la potencia muscular (Meylan, Cronin, & Nosaka, 2008; Nunez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2016). Otra forma de entrenamiento es a través de ejercicios isocinéticos en los cuales se realizan movimientos a la misma velocidad con una máquina de resistencia variable.

Una forma novedosa de desarrollar la potencia muscular es a través del entrenamiento isoinercial, en el cual se fundamenta el presente trabajo de investigación. Este es un tipo de entrenamiento que se realiza con dispositivos de última tecnología que generan sobrecarga excéntrica sobre el músculo produciendo adaptaciones como hipertrofia muscular, aumento en la activación muscular a un menor costo energético, aumento de la producción de fuerza en actividades funcionales, adaptaciones estructurales de la fibra muscular que ha demostrado

tener resultados significativos a nivel del rendimiento muscular y prevención de lesiones deportivas. El departamento médico del club Deportivo la Equidad seguros ha sido pionero en Colombia en la aplicación de la tecnología isoinercial en Colombia adquiriendo la primera polea cónica en 2008. Sin embargo, no existe evidencia científica sobre los efectos del entrenamiento isoinercial sobre cualidades como la potencia muscular, en futbolistas colombianos.

La mayor motivación es generar investigación para el Club Deportivo la Equidad Seguros y su departamento médico, así como para el fútbol colombiano y lograr el reconocimiento nacional e internacional en el uso de este nuevo concepto de entrenamiento de la potencia muscular, mediante el uso de la tecnología isoinercial.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de un programa de entrenamiento Isoinercial de 8 semanas de duración sobre la potencia muscular de los miembros inferiores, de jugadores de fútbol categoría sub 20, del Club Deportivo La Equidad Seguros. En el presente documento se presenta la formulación del problema de investigación, el marco conceptual, en el cual se describen los principales aspectos del estado del arte, la justificación y se plantean los objetivos. Luego se aborda el marco teórico en el que se tratan los aspectos teóricos. En el capítulo de metodología de investigación se describe el diseño del estudio, las variables del estudio y los procedimientos realizados. Finalmente se presentan los resultados obtenidos, la discusión y las conclusiones

CAPITULO 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En este apartado se presentan los aspectos relevantes del planteamiento en base a la pregunta de investigación.

2.3 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos de un programa de entrenamiento con la tecnología isoinercial sobre la potencia muscular de miembros inferiores, en jugadores de fútbol sub 20 del club deportivo la Equidad Seguros?

2.4 Análisis PicoR

- **Población:** Se escogió a conveniencia como grupo de análisis la categoría Sub 20 del Club Deportivo la Equidad Seguros y una muestra total de 24 jugadores de fútbol que es el numero total de futbolistas de esa categoría y se encontraban con total disponibilidad para participar en el estudio. Adicionalmente, se escogió esta población debido a que los deportistas a edades tempranas presentan déficit en la potencia muscular la cual es una cualidad y capacidad física esencial en el fútbol profesional. Se realizó el método de coordenado negativo para la selección donde se utilizó un listado en el cual a cada jugador se le asignó un código, posteriormente al código se les asigno un numero aleatorio entre 0 y 1 con el valor aleatorio del número que fue calculado por computadora para garantizar la aleatoriedad, se hizo un ordenamiento de menor a mayor. Los primeros 12 jugadores fueron asignados al grupo control y los otros 12 al grupo intervención. un grupo se denominó el grupo de intervención isoinercial (GII) y el otro grupo de control (GC).

Inclusión:

- Jugadores pertenecientes al Club Deportivo la Equidad Seguros.
- Edad entre 18-20 años.
- Jugadores que entrenen mínimo cuatro veces a la semana

Exclusión:

- Jugadores que hayan presentado lesiones musculo esqueléticas en los últimos seis meses.
 - Jugadores que falten a más de dos entrenamientos durante las pruebas.
- **Intervención:** El GII realizó un entrenamiento excéntrico en miembros inferiores utilizando la tecnología isoinercial yoyo y el GC desarrollo un entrenamiento de potencia muscular de manera convencional, utilizando máquinas de gimnasio, entre ellas la banca de cuádriceps e isquiotibiales y la sentadilla Smith y ejercicios de pliometría. Primero se realizó un periodo de adaptación a las máquinas isoinerciales durante dos semanas. Se hizo una evaluación inicial en donde se midió el salto en Plataforma Axon, con el software axon jump, se tuvo en cuenta el squat jump. Posteriormente se realizó la prueba en la máquina isoinercial Kbox con una inercia de 0.050 kg/m². El programa duro en total ocho semanas, en las cuales se realizaron evaluaciones de las variables con plataforma Axon a la tercera, sexta y octava semana. Y con el sistema SmartCoach™ se realizó a la tercera y a la octava semana.
 - **Comparación:** Se Comparó los efectos de un programa de entrenamiento isoinercial VS entrenamiento convencional en 8 semanas de duración, sobre la potencia muscular de miembros inferiores.
 - **Outcome:** se esperó encontrar cual es el tipo de entrenamiento más eficiente para el desarrollo de la potencia muscular en miembros inferiores: Isoinercial

Vs Convencional. Se esperó que el entrenamiento isoinercial tuviera un mayor efecto positivo sobre la potencia muscular comparado con el entrenamiento convencional.

- **Tiempo:** El estudio tuvo un periodo de duración de 8 semanas donde se realizó evaluación del GC a la tercera, sexta y octava semana con la plataforma Axon y con el sistema Smart Coach™ se realizó a la tercera y octava semana.
- **Recursos:** el costo total del estudio fue \$49.700.000\$ millones de pesos colombianos, el cual fue financiado por el Club Deportivo La Equidad Seguros donde tuvo en cuenta como recursos los dispositivos de medición como el sistema Smart Coach, Sistema de entrenamiento KBox, Plataforma de evaluación Axon Jump.

2.5 ANÁLISIS FINER

- **Factible:** La inversión del Club Deportivo la Equidad Seguros para capacitar al departamento médico, y adquirir tecnología para el desarrollo del entrenamiento de sus futbolistas, promueve la formulación de proyectos de investigación que ayudan a generar la evidencia de estas nuevas tendencias de entrenamiento para el beneficio del club. De igual forma se cuenta con la infraestructura y la población para desarrollar dichos proyectos.
- **Interesante:** Las máquinas a utilizar en este proyecto son las únicas en Colombia, y su efectividad no ha sido medida en futbolistas del medio local. La medición de la potencia y los datos obtenidos objetivamente utilizando esta tecnología por medio de un software especializado, puede favorecer directamente el rendimiento deportivo y la efectividad del entrenamiento, mejorando el proceso de evaluación y control de las cargas.
- **Novedoso:** Establecer protocolos para medir y entrenar la potencia muscular en futbolistas utilizando esta tecnología sería uno de los productos innovadores, debido a que estos no existen en nuestro medio local. Estos

protocolos podrían ser una herramienta fundamental para el desarrollo de entrenamientos elite, los cuales han sido desarrollados en otras partes del mundo.

- **Ético:** Los procedimientos en esta investigación están acordes con los principios éticos que deben ser contemplados para una investigación con una intervención directa en los participantes. El principio de beneficencia se cumple, debido a que estas tecnologías buscan siempre mejorar la potencia del futbolista, disminuyendo la probabilidad de la lesión. La probabilidad de daño en el futbolista con este entrenamiento es baja, siempre y cuando el entrenamiento se realice bajo los protocolos sugeridos. De igual forma, se cumple con el principio de justicia mediante la aleatorización de las intervenciones. En dado caso que se compruebe que una tecnología sea mejor que la otra, los participantes del grupo menos favorecido serán entrenado con la tecnología más favorable al finalizar el estudio. Finalmente, todos los participantes deberán dar su asentimiento para participar. Si hay algún deportista no quiere hacer parte del estudio, o desea retirarse, este tendrá la autonomía de no participar o de abandonar el estudio.
- **Relevante:** Es una investigación que aplica un protocolo de entrenamiento de fuerza basado en tecnología isoinercial utilizada a nivel mundial en el trabajo de reducción de lesiones musculares, potenciación del rendimiento deportivo a nivel muscular del futbolista debido a sus altos índices de efectividad en comparación con otros tipos de entrenamiento muscular.

2.6 Términos MeSH

A continuación, se muestran los términos MeSH que se utilizaron para la búsqueda de información de la presente investigación.

Tabla 1 Términos MeSH

TERMINO	DEFINICIÓN
Muscular strength	Cantidad de fuerza generada por una contracción muscular. Puede ser medida durante la contracción isométrica, isotónica y isocinético, manualmente o mediante un dispositivo como el dinamómetro de fuerza muscular

Athletes	Sujetos que han desarrollado habilidades, físicas y de resistencia y fuerza, o que han participado en deportes u otras actividades físicas
Soccer	Juego con un balón en donde se avanza pateando la pelota con cualquier parte del cuerpo excepto las manos y los brazos. El objetivo del juego es hacer gol en el arco contrario.

Basado en : (J. Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, & Tesch, 2016)

CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se hace una descripción de los principales antecedentes sobre el entrenamiento de la potencia muscular basado en investigaciones a nivel mundial, haciendo un énfasis sobre el concepto de fuerza muscular, tipos de contracción muscular, fisiología y evaluación de la potencia muscular, ejercicios excéntricos y entrenamiento isoinercial y su relación con el aumento de masa y fuerza muscular relacionados con la reducción de lesiones musculares y aumento del rendimiento deportivo y los beneficios de este tipo de entrenamiento

2.1 Antecedentes

Se realizó una búsqueda sistematizada de literatura en bases de datos como EBSCO, Science direct, Elsevier, Pubmed, Springer, Medline.

El fútbol, es el deporte con mayor popularidad mundial, con alrededor de 200 millones de practicantes(Alexandre et al., 2012). Se considera un deporte dependiente del metabolismo aeróbico(Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006), con repetición de diferentes tareas como correr, esprintar, saltar(Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Las cuales toman un tiempo de recuperación corto y por lo tanto incompleto, lo cual es importante para el rendimiento deportivo(Wragg, Maxwell, & Doust, 2000). Por lo tanto, el éxito depende en su mayoría de la fuerza muscular bien desarrollada, es así como, muchos autores proponen el entrenamiento de fuerza y de potencia en ejercicios, como squat y press de banca para mejorar el rendimiento deportivo individual en el deporte(Navarro Navarro, 2015).

La potencia muscular es la cualidad física que se ha convertido en foco de atención dentro de la preparación física de los deportistas, teniendo en cuenta que optimiza el rendimiento, en cuanto a acciones explosivas, rápidas y de corta duración(Chiu & Salem, 2006; Prieto & García, 2012; J. Tous-Fajardo et al., 2016). En la mayoría de los movimientos deportivos como los cambios de velocidad, dirección, y los saltos, el tiempo permitido para producir una potencia es limitado. Este corto tiempo, justifica la importancia del entrenamiento de la potencia muscular(Ramirez-Campillo et al., 2018). Por lo tanto, este último es un componente muy importante dentro de la formación de futbolistas que aspiran a ser jugadores profesionales(Diallo, Dore, Duche, & Van Praagh, 2001)

En el fútbol existen alrededor de 1000 a 1400 acciones que involucran fuerza y potencia durante los partidos(Stølen et al., 2005).Por lo tanto, el jugador de fútbol no solo debe manejar tareas técnicas y tácticas, sino que debe tener la habilidad atlética necesaria para enfrentar acciones de potencia, dado que estas serán cruciales para ganar o perder duelos, tener el balón, marcar y prevenir goles(Reilly, 2007). Dichas habilidades atléticas y la mejora del rendimiento deportivo, están relacionadas con la musculatura y el control neural sobre dichas acciones deportivas(Sander, Keiner, Wirth, & Schmidtbleicher, 2013).

Convencionalmente, tanto la fuerza como la potencia muscular se han entrenado con métodos convencionales, como el uso de pesas libres. Sin embargo, los programas de entrenamiento para mejorar estas cualidades físicas deben involucrar todos los componentes de la contracción muscular (excéntrico, concéntrico e isométrico), así como una carga constante en todos los rangos de movimiento, y no solamente en unos momentos específicos(Moisés de Hoyo et al., 2016). Adicionalmente, el entrenamiento de la potencia muscular, cada vez es más popular. Existen diversos métodos y modos de entrenamiento con una variabilidad, que se ajusta al objetivo de cada sujeto, con el fin de mejorar su rendimiento y generar adaptaciones fisiológicas. Se ha referenciado sobre el aumento de fuerza muscular en personas que han realizado programas de entrenamiento

convencionales los cuales incluyen peso libre o con máquinas(N. Ratamess et al., 2009)

Este tipo de entrenamiento consta de una secuencia de acciones concéntricas, isométricas y excéntricas. Una contracción dinámica consiste en una contracción concéntrica (acortamiento) o en una contracción Excéntrica (alargamiento), o la combinación de ambas, lo que determina el ciclo de acortamiento-estiramiento(Knuttgen & Kraemer, 1987).

Durante este tipo de ejercicios, la habilidad de cada sujeto para incrementar el ciclo concéntrico- isométrico- excéntrico esta limitada por la relación existente entre la fuerza y la velocidad. Por lo que los músculos son capaces de lograr mayor fuerza absoluta durante una acciones excéntricas que concéntricas(Hortobagyi et al., 1996).

De ahí que en la actualidad los programas de entrenamiento, esten enfocados en la fuerza excéntrica.

Muchos movimientos en deporte implican altas cargas excéntricas en el sistema muscular, particularmente cuando el impulso de una extremidad o del cuerpo necesita ser reducido. Por ejemplo, los isquiotibiales trabajan de forma excéntrica para desacelerar el movimiento hacia delante de la extremidad inferior en la última fase de oscilación hacia adelante del ciclo de carrera(Mjolsnes, Arnason, Osthagen, Raastad, & Bahr, 2004).

Tous et al. 2016, afirma que el entrenamiento excéntrico aumenta el tamaño y longitud de las fibras musculares, así como la potencia muscular, teniendo un efecto protector sobre el tejido conectivo sometido a este entrenamiento(J. Tous-Fajardo et al., 2016).Por lo tanto, mejora las actividades deportivas de alta potencia, y ha sido incorporado en el rendimiento deportivo, salud y prevención, así como también en la rehabilitación de lesiones deportivas(Rodríguez, 2011).

Las acciones excéntricas tienen un patrón diferente de reclutamiento de unidades motoras según el tipo específico de activación neural, de acuerdo al principio de Henneman, se establece un orden específico en una contracción de intensidad progresiva. Para el caso de las acciones excéntricas, a diferencia de las concéntricas, la activación de las fibras tipo IIX, se realiza de un modo más rápido y menos escalonado (Duchateau & Baudry, 2013).

Durante la fase excéntrica, se obtienen mayores picos de fuerza y potencia, dado el mecanismo de reclutamiento de fibras musculares, así como una mayor activación de las propiedades visco-elásticas, lo que a su vez está reflejado en el retraso de aparición de la fatiga (N. A. Ratamess, 2011).

Los programas de entrenamiento, enfocados en el ejercicio excéntrico generan una serie de adaptaciones a largo plazo a nivel muscular y tendinoso, lo que proporciona implicaciones positivas para aquellos deportistas que quieran mejorar su rendimiento deportivo, dado que el músculo es capaz de generar mayores picos de fuerza en la fase excéntrica de la contracción que en la concéntrica (Lindstedt, LaStayo, & Reich, 2001). Para ejemplificar, en investigaciones realizadas por LaStayo referenció que los incrementos observados en los valores de fuerza y en el área transversal de la fibra muscular son mayores en los programas de entrenamiento de ejercicio excéntrico que en los programas de entrenamiento convencionales de la fuerza (LaStayo, Pierotti, Pifer, Hoppeler, & Lindstedt, 2000). Teniendo en cuenta que la capacidad de amortiguación del músculo posterior a un programa de ejercicio excéntrico se debe a los cambios producidos a nivel estructural y neural (Lindstedt et al., 2001).

Por su parte, Peñailillo en el 2013, plantea en su estudio que el entrenamiento excéntrico consigue mayores ganancias de fuerza debido a que implica un menor coste energético para desarrollar una carga determinada, lo que permite a los deportistas superar una mayor carga que durante acciones concéntricas en un mismo porcentaje de 1-RM (Peñailillo, Blazevich, Numazawa, & Nosaka, 2013).

En un estudio realizado por Doan en el 2002, se encontró que el 1-RM, en un ejercicio de press de banca podía aumentar de forma aguda mediante la aplicación de una carga supra-máxima (105% de su 1- RM), en la fase excéntrica, dada la estimulación neural del músculo y el mayor almacenamiento de energía elástica(Doan et al., 2002).

Así mismo, Kelly et al., 2015, compararon en su estudio los efectos del entrenamiento concéntrico y excéntrico sobre el aumento en la fuerza máxima de 30 hombres sanos, durante la ejecución del press de banca, adicionalmente, compararon en su estudio los efectos de ambos métodos sobre el número de repeticiones hasta el fallo a diferentes intensidades relativas del 1-RM

Los resultados arrojaron que el entrenamiento excéntrico provoco mayores ganancias de fuerza significativa en el 1-RM que, en el entrenamiento concéntrico y comprobaron que quienes entrenaron mediante contracciones excéntricas consiguieron realizar más repeticiones hasta el fallo que quienes entrenaron mediante contracciones excéntricas(Kelly et al., 2015).

En primera instancia, se han realizado varias investigaciones que involucran los dispositivos de tecnología isoinercial teniendo en cuenta la importancia que han tomado en el ámbito deportivo, dadas las características fisiológicas que generan las contracciones excéntricas las cuales mejoran la función y el crecimiento muscular sin lesionar la estructura del músculo(Gamez Araguez, 2017). En segunda instancia, existen estudios alrededor del mundo que serán descritos a continuación los cuales determinan la efectividad del entrenamiento con tecnología isoinercial. El entrenamiento isoinercial está basado en la demanda excéntrica, con el uso de ruedas para proporcionar una resistencia inercial independiente a la gravedad(Núñez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2017). Durante la fase concéntrica el individuo genera energía cinética a través de la rotación de la rueda, la cual se frena durante la fase excéntrica, donde se requiere un mayor reclutamiento de unidades motoras con el fin de detener la inercia de la rueda durante el movimiento de retorno(L. Norrbrand, M. Pozzo, & P. A. Tesch, 2010)

El mecanismo de la tecnología isoinercial o tecnología Flywheel, está dado por un volante de inercia cuyo eje está fijado a una estructura de soporte. Uno de los extremos de la cinta de transmisión se enrolla alrededor de dicho eje, mientras que el otro está fijado a distintas piezas desde las que se puede ejercer tracción. Cuando se genera una acción muscular concéntrica el volante de inercia gira y al finalizar el recorrido (concéntrico), la rueda sigue girando gracias a su inercia, lo que provoca que la cinta retroceda y tire de la extremidad del sujeto en sentido contrario, posterior a ello el sujeto debe empezar a ejercer resistencia para desacelerar la rueda hasta que la energía cinética acumulada se disipe y la rueda se detenga completamente(Tous, 2011).

La tecnología flywheel cuenta con la posibilidad de trabajar con diferentes inercias de entrenamiento y además ha mostrado ser un sistema bastante fiable y seguro. Por ello, ha sido utilizado con diferentes objetivos, no sólo por multitud de equipos deportivos y atletas de alto nivel para la mejora del rendimiento(Cuenca-Fernández, López-Contreras, & Arellano, 2015), sino también para la prevención de lesiones(Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003), o en el ámbito de la rehabilitación de enfermedades que conllevan un deterioro muscular importante(Fernandez-Gonzalo, Lundberg, Alvarez-Alvarez, & de Paz, 2014).

La tecnología isoinercial genera cargas excéntricas por medio de una rueda libre flywheel en diferentes patrones de movimiento de todos los deportes, como son el squat, el squat lateral, el curl de bíceps, las avanzadas o lunges y el peso muerto(L. Norrbrand et al., 2010). Estos movimientos son realizados en muchos entrenamientos de manera concéntrica e isométrica. Por medio de esta tecnología, estos ejercicios pueden aplicarse para promover una contracción excéntrica, y de esta forma, generar una sobrecarga.

EL Yoyo consiste en una plataforma metálica con las siguientes medidas (100x50;90x40cm) y un peso de 16.8 kg. Las principales características de este equipo son las siguientes: la primera, es que genera una resistencia variable

ilimitada, no hay un límite con relación a la energía cinética utilizando la fuerza máxima para acelerar o desacelerar, la resistencia es variable y depende del empuje. La segunda es que tiene la posibilidad de crear una sobrecarga excéntrica ya que en nuestros músculos hay más fuerza en la fase excéntrica y es difícil generarla con entrenamientos y equipos convencionales. La tercera, es que es una máquina ergonómica, la cual permite que el desplazamiento de la fuerza en el squat se dé a través del chaleco hacia los hombros y miembros inferiores, y no hacia la zona lumbar, evitando una sobrecarga de la misma(L. Norrbrand et al., 2010)

Se han realizado varios estudios que verifican los efectos agudos y crónicos que tiene el entrenamiento con dispositivos isoinerciales, sobre la potencia muscular. Tous, 2006, analiza la fuerza de los isquiotibiales sobre 20 jugadores de fútbol y rugby elite y amateur, y se llegó a la conclusión de que la potencia influye de diferente manera según la carga y el nivel competitivo con el uso del dispositivo, favoreciendo el desarrollo de la fuerza y la velocidad en momentos de inercia menores y la sobrecarga excéntrica con momentos de inercia mayores(Julio Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo, & Tesch, 2006).

Por su parte, Seynnes et al en el año 2007, evaluó la fuerza del cuádriceps y su área de sección transversal sobre 11 hombres activos, a través del entrenamiento excéntrico, y se llegó a la conclusión de que se aumenta la contracción voluntaria máxima y la activación medida con EMG, en el grupo de intervención, además del aumento del área de sección transversal y la longitud del fascículo(Seynnes, de Boer, & Narici, 2007).

Por otro lado, la medición y registro de la potencia y la ratio potencia carga pueden ser herramientas interesantes para optimizar el entrenamiento y evaluar la fuerza en función de los objetivos y criterios de especificidad deseados(Smilios et al., 2013). Uno de los elementos disponibles para ello, cuyo uso está muy extendido, es el codificador rotatorio, el cual permite obtener una gran cantidad de datos de variables como la fuerza, la velocidad, la potencia y el trabajo en cada repetición y

por consiguiente las relaciones que se pueden obtener entre ellas.

Dada la naturaleza altamente dinámica de los movimientos de fútbol, hay una necesidad de introducir métodos más desafiantes de entrenamiento para mejorar la eficiencia en situaciones reales de juego. Por lo tanto, potenciar la fuerza excéntrica en la parte inferior del cuerpo, y generar una mejora en la potencia muscular, parecen llevar a una mejoría del rendimiento deportivo (Seynnes et al., 2007).

Por consiguiente, se han realizado estudios, con el fin de establecer la relación que existe entre los programas de entrenamiento excéntrico y la mejoría en el rendimiento deportivo en tareas específicas, los cuales han dado resultados positivos para diversos ámbitos en las habilidades específicas deportivas.

Un programa de ejercicios de 10 semanas, basados en la carga concéntrica de máxima potencia y la sobrecarga excéntrica, de las maniobras de cambios de dirección (hacia el lado opuesto de la pierna pivot y hacia el mismo lado de la pierna pivot), es efectivo para mejorar la cinética, dado que están asociados con el rendimiento en el fútbol, y además emplean tareas específicas que están relacionadas con la fuerza y la explosividad de la misma (M. de Hoyo et al., 2015). Por lo tanto, la habilidad del deportista para tolerar una carga mayor excéntrica es crítica y requerida para producir un cambio de dirección exitoso (Moisés de Hoyo et al., 2016). Así mismo, Hoyo et al. 2016, Tous- fajardo 2016, proponen el entrenamiento excéntrico como método de potenciación para las habilidades de cambios de dirección salto y sprint; tareas propias de deportes colectivos, que para el caso son aplicables para el fútbol (Moisés de Hoyo et al., 2016; J. Tous-Fajardo et al., 2016).

En la última década se ha evidenciado los beneficios del uso de la tecnología isoinercial en el desarrollo de la fuerza y potencia muscular. Sin embargo, a nivel nacional no se ha realizado investigaciones con relación a los efectos de intervenciones con este tipo de tecnología en deportistas que ha demostrado aumentar cualidades físicas tales como velocidad, aceleración, fuerza y potencia.

esto puede darse porque a nivel nacional muchos profesionales desconocen la existencia de la tecnología isoinercial y sus beneficios. Por tal motivo, al realizar el presente estudio se espera que en un periodo específico de tiempo, se pueda determinar los beneficios y efectos del entrenamiento con tecnología isoinercial en deportistas de alto rendimiento y su aplicación a nivel nacional por parte de entidades deportivas.

2.2 Justificación

La tecnología flywheel cuenta con la posibilidad de trabajar con diferentes inercias de entrenamiento y además ha mostrado ser un sistema bastante fiable y seguro. Por ello, ha sido utilizado con diferentes objetivos, no sólo por multitud de equipos deportivos y atletas de alto nivel para la mejora del rendimiento (Cuenca-Fernández et al., 2015), sino también para la prevención de lesiones, o en el ámbito de la rehabilitación de enfermedades que conllevan un deterioro muscular importante (Fernandez-Gonzalo et al., 2014)

Dada la naturaleza altamente dinámica de los movimientos de fútbol, hay una necesidad de introducir métodos más desafiantes de entrenamiento para mejorar la eficiencia en situaciones reales de juego. Por lo tanto, potenciar la fuerza excéntrica en la parte inferior del cuerpo, y generar una mejora en la potencia muscular, parecen llevar a una mejoría del rendimiento deportivo (Wragg et al., 2000)

La rápida evolución de los tipos de entrenamiento y de los nuevos métodos para desarrollar las cualidades físicas relacionadas con la fuerza utilizada tanto para competencias, como en rehabilitación deportiva y prevención de lesiones, conlleva a estar en continua actualización, generar investigación y validar si lo que se ofrece en tecnologías y nuevas tendencias son efectivas. Por este motivo, se hace necesario realizar una investigación a cerca de un novedoso sistema de entrenamiento de la potencia muscular aplicándola al fútbol.

Los diversos factores, la falta de entrenamientos específicos que potencialicen sus cualidades y capacidades físicas, además de profesionales idóneos para la formación, influyen en el desarrollo del futbolista en sus procesos de divisiones menores afectan directamente su rendimiento cuando llegan a un plantel profesional. Por medio de esta investigación pretendo fomentar el trabajo de la fuerza excéntrica en miembros inferiores y determinar cómo se puede mejorar la potencia usando las máquinas isoinerciales en jugadores de la categoría sub-20 del Club Deportivo La Equidad Seguros de la ciudad de Bogotá.

Siendo el Club Deportivo La Equidad Seguros el pionero en adquirir tecnologías isoinerciales, podemos iniciar procesos de investigación en una nueva tecnología, aprovechando el vínculo con la Universidad Nacional de Colombia y la Maestría de Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física. De esta forma, se busca contribuir a la innovación en cuanto a nuevas tendencias en evaluación como parte del proceso de entrenamiento que permitan controlar los efectos y ver la efectividad dentro de la planificación de los procesos de entrenamiento.

Los resultados obtenidos en la investigación determinarán las características de los jugadores y la potencia muscular generada por ellos. Esto permitirá cuantificar las cargas de entrenamiento de manera más precisa, y realizar una adecuada planificación del entrenamiento dependiendo los rangos en los que se encuentren los futbolistas. La necesidad de los protocolos estandarizados y específicos para evaluar las diferentes manifestaciones de la fuerza, teniendo control y seguimiento de su proceso, hace que el estudio sea pertinente. De igual forma, es viable su desarrollo, debido a que se cuenta con los equipos, la infraestructura y la población, así como el apoyo de la empresa privada y la universidad más prestigiosa del país.

Basados en la experiencia del manejo de la tecnología isoinercial para entrenamiento excéntrico desde hace más de 5 años, se pretende aplicar el conocimiento adquirido y así compartir esta experiencia, la cual resulta muy útil en el ámbito deportivo. De igual forma, se aplicarán las herramientas en investigación adquiridas en la maestría, con el fin de poder publicar el presente trabajo.

Consecuentemente, la hipótesis del presente trabajo plantea que el entrenamiento excéntrico con tecnología isoinercial puede aumentar la fuerza y la potencia muscular en jugadores de fútbol de la categoría sub-20 en el Club Deportivo La Equidad Seguros.

Otro punto es la costoefectividad del uso de la tecnología isoinercial en equipos profesionales de fútbol. En primera instancia, las lesiones son un factor de preocupación por parte del cuerpo técnico, administrativo, preparación física y cuerpo médico debido a que estas están relacionadas con mayores costos monetarios en la prestación de los servicios de salud. Para ejemplificar, un jugador lesionado equivale a un aumento en el costo de insumos por parte del equipo médico. Adicionalmente, un jugador lesionado representa pérdidas económicas para el club debido a que es un jugador que no va a estar disponible para los partidos y es un jugador el cual representa gastos como exámenes médicos, reportes, evaluaciones, operaciones. Con la utilización de la tecnología isoinercial en planes específicos de intervención en prevención de lesiones se puede reducir la incidencia de lesiones a nivel muscular, óseo y tendinoso lo cual reducirá los gastos para el club producidos por esta razón.

En Colombia, los estudios con relación a la tecnología isoinercial son escasos debido a que este tipo de tecnología no está al alcance de centros deportivos e investigativos a nivel nacional. Se debe incentivar la investigación en fisioterapia en Colombia con este tipo de tecnología con el fin de generar conocimiento a nivel nacional, e internacional para la utilización de esta tecnología en deportistas de alto rendimiento mediante investigaciones que generen medidas de impacto sobre los beneficios de la implementación de protocolos que incluyan la tecnología isoinercial como método eficaz en el aumento de la fuerza, potencia, aceleración y velocidad en deportistas.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general:

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento Isoinercial de 8 semanas de duración sobre la potencia muscular de los miembros inferiores de jugadores de fútbol categoría sub 20, del Club Deportivo La Equidad Seguros.

2.3.2 Objetivos específicos:

1. Determinar valores de desempeño de la potencia muscular derivados de la valoración inicial por medio de la construcción de una línea de base en la población estudio.
2. Comparar los efectos de un programa de entrenamiento isoinercial versus entrenamiento convencional sobre las variables tiempo de vuelo (TV), velocidad de despegue (VD) y altura alcanzada (h) en el salto Squat Jump
3. Comparar los efectos de un programa de entrenamiento isoinercial versus entrenamiento convencional sobre la potencia media concéntrica y la potencia media excéntrica de miembros inferiores

2.4 Resultados Esperados

Con la presente investigación se espera obtener los siguientes resultados:

- Se espera realizar una publicación académica sobre el uso de tecnología isoinercial en futbolistas donde se expongan los beneficios como la reducción de lesiones a nivel muscular y articular e incremento del rendimiento deportivo.
- Realizar una comparación que permita determinar que método de entrenamiento de la potencia muscular es más efectivo para futbolistas.

- Establecer perfiles de potencia muscular en jugadores del Club deportivo la Equidad para la detección de potencial deportivo
- Ser pioneros en la investigación en este tipo de entrenamiento por medio de la Universidad Nacional de Colombia utilizada en los grandes clubes de fútbol a nivel mundial.

2.5 Impactos Esperados

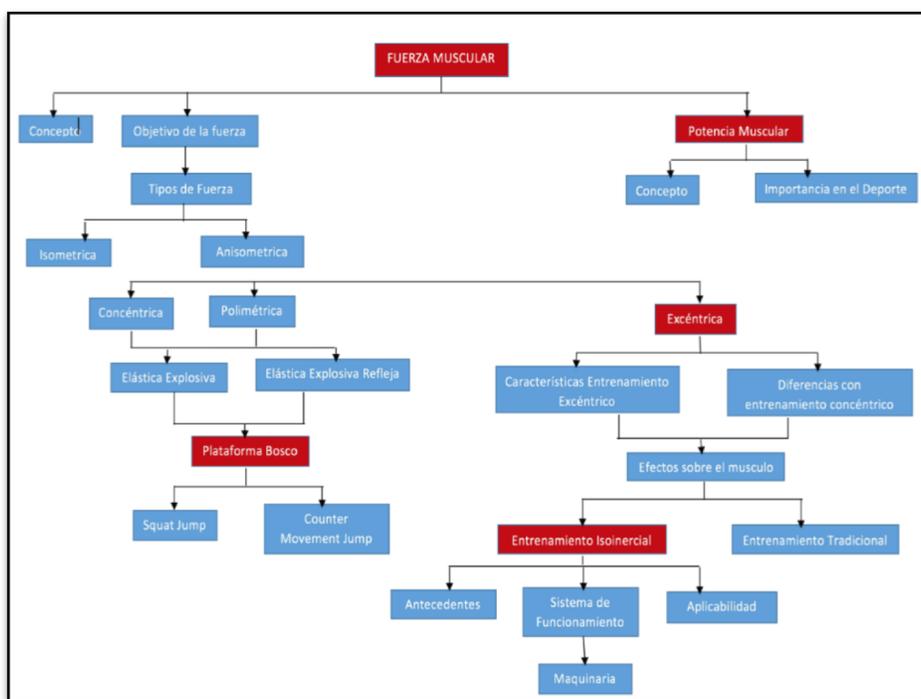
Finalizada esta investigación sobre el impacto de un entrenamiento de tipo isoinercial Vs Convencional en futbolistas del Club Deportivo la Equidad Categoría Sub 20, se pretende observar los siguientes impactos

- Ser pioneros en Colombia desde la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, en investigación sobre fuerza isoinercial enfocada en la creación y aplicación de protocolos y estrategias para la implementación de programas de prevención de lesiones, readaptación deportiva y rehabilitación de futbolistas.
- Que el Club Deportivo la Equidad seguros se convierta en centro de investigación referente en Colombia en medicina y fisioterapia a nivel deportivo realizando estudios relacionados con reducción de lesiones, rehabilitación, Medicina deportiva, readaptación deportiva.
- Incentivar la producción de investigación en profesionales del área deportiva con el fin de fortalecer los procesos de intervención en fisioterapia deportiva.

CAPÍTULO 3. MARCO TEORICO

En el presente apartado se inició por caracterizar el concepto de fuerza y potencia muscular y su metodología de evaluación. Adicionalmente, Se hizo énfasis en la fuerza excéntrica y el entrenamiento de tipo isoinercial. Para comenzar, en la figura 1 (Mapa Conceptual Fuerza muscular) se ilustra la división del concepto de fuerza muscular que se explicara alrededor del apartado relacionado su importancia con el rendimiento deportivo.

Figura 1. Mapa conceptual fuerza muscular.



Fuente Propia

3.1 Concepto de Fuerza

Existen diversas definiciones para el termino de fuerza, dadas por la literatura científica, así como por investigadores, aspectos que han generado controversia sobre la conceptualización de este término. Sin embargo, existen algunas acepciones que han sido comúnmente

utilizadas y que han ido incrementando, teniendo en cuenta el aumento de estudios desde la época de los 90, que han estado dedicados a la fuerza muscular como capacidad física importante para la preparación de cada individuo en los distintos deportes(Cortabitarte, 2016).

Isaac Newton definió la fuerza como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, sin embargo, se debía diferenciar los conceptos de fuerza como una magnitud física y la fuerza según Tous-Fajardo 1999, como el presupuesto para la ejecución de gestos deportivos; cuando referenciamos la fuerza muscular como sustituta de la capacidad de la fuerza, la enfocamos más al contexto de entrenamiento deportivo(Fajardo, 1999).

Kroemer 1999, define la fuerza muscular como la capacidad del músculo de generar y transmitir tensión en la dirección de sus fibras, aplicando dicha tensión a través de un segmento corporal a un objeto(Kroemer, 1999). Por su parte, más hacia el entrenamiento deportivo González- Badillo y Gorostiaga 1995, definen la fuerza como la capacidad de producir tensión en la musculatura al contraerse(González Badillo & Gorostiaga, 1995). Así mismo, se define la fuerza, como la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular(Hartmann & Tünnemann, 1996), definición que sustituye la dada por Bompa 1983, donde se define como la capacidad neuromuscular de vencer una resistencia interna y externa(T. O. Bompa, 1983).Definición que se acerca mucho al concepto actual de lo que se entiende por fuerza muscular.

Por su parte es importante analizar el concepto de fuerza, involucrando los aspectos mecánicos y fisiológicos producidos por esta. Por lo tanto, desde la parte mecánica, se genera la acción muscular, la atracción de la gravedad o bien la inercia de un cuerpo, es la causa capaz de deformar los cuerpos, bien sea por presión (compresión de las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo)(Juan José González-Badillo & Ribas, 2002).

Es así como, la fuerza es el resultado de la interacción de dos cuerpos y se define como $(F \text{ (Fuerza)} = m \text{ (Masa)} * a \text{ (Aceleración)})$, donde, desde la parte mecánica,

la fuerza es la capacidad muscular para deformar un cuerpo, modificar la aceleración del mismo, iniciar o detener un movimiento, aumentar o reducir su velocidad, así como de hacerlo cambiar de dirección. Desde el punto de vista fisiológico, se entiende la fuerza como la capacidad que tiene el músculo para producir tensión cuando se activa, aspecto que guarda relación con el número de puentes cruzados de miosina, y que interactúan con los filamentos de actina (Goldspink & Harridge, 1992). El número de sarcomeras que se encuentran paralelas, la tensión y longitud de una fibra y del músculo, así como el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular (Juan José González-Badillo & Ribas, 2002).

Sin embargo, cuando se habla de que la fuerza es el resultado de la masa por la aceleración es importante tener en cuenta lo que implica cada concepto; cuando hablamos de masa por aceleración es importante tener en cuenta que esto deriva a tres conceptos fundamentales; entendiendo una parte estructural, se habla de hipertrofia (aumento del tamaño de la fibra muscular), una parte funcional, donde se establece una contracción intermuscular e intramuscular así como un estiramiento reflejo, y de una parte cognitiva, donde se habla de una cooperación, oposición y una toma de decisiones; aspectos que son muy importantes a la hora de hablar de fuerza muscular (Reynaldo & Aliaga, 2016).

La coordinación intramuscular representa aquella que ocurre dentro del músculo y que depende de 3 mecanismos i) la coordinación neuromuscular, que guarda relación con el reclutamiento progresivo de unidades motoras producto de una mejora de la inervación, ii) la acción por encima del umbral del 80% y consiste en el aumento de la frecuencia de impulso de las unidades motoras de 10 a 12 hasta 45 y más por segundo y iii) la sincronización de la actividad de las unidades motoras cuando se acerca a la capacidad de su umbral. Las investigaciones y estudios científicos suponen que los esfuerzos concéntricos y excéntricos máximos de corta duración provocan un incremento en la fuerza por el aumento

y el mejoramiento de la coordinación intramuscular. Por su parte la coordinación intermuscular tiene que ver en la actividad armónica de los distintos grupos musculares que intervienen en un movimiento, y su importancia aumenta según la complejidad de la secuencia del movimiento de un deporte específico (Ehlenz, 1990).

Actualmente la fuerza muscular no está limitado únicamente a la capacidad del cuerpo o de un segmento corporal para vencer una resistencia, o generar tensión en el músculo, sino que involucra la activación neuromuscular como un objetivo prioritario para el entrenamiento de la fuerza. Es así como, Grosser y Muller 1989, definen el término de fuerza muscular como la capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (concéntrica), de actuar en contra de las mismas (excéntrica) o bien de mantenerlas (isométrico). Concepto que involucra todos los aspectos y tipos de fuerza (Muller & Grosser, 1989)

El objetivo principal del entrenamiento de la fuerza, está encaminado a aplicar cada vez más fuerza en menos tiempo ante la misma carga, es decir, alcanzar más velocidad con la misma carga. Es así como, el indicador para saber si un sujeto ha mejorado su fuerza es la velocidad. Este aspecto es importante para determinar la progresión en el entrenamiento y la planificación de este, teniendo en cuenta que la fuerza generalmente es evaluada a través del 1RM (Juan J González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).

Cada porcentaje de 1RM, tiene su correspondiente velocidad de ejecución, por lo tanto, medir la velocidad de ejecución, permite conocer con alta precisión qué porcentaje del 1RM es utilizando el sujeto nada más al realizar a la máxima velocidad posible, la primera repetición con una carga dada (Balsalobre Fernández & Jiménez Reyes, 2014).

3.2 Concepto de potencia Muscular

La potencia muscular es la capacidad para ejercer la máxima fuerza en el menor tiempo posible. Esta capacidad es muy importante dentro del ámbito deportivo ya que los deportistas deben vencer cargas en un tiempo menor, con el fin de producir un resultado que por lo general se mide en distancia(Martinez Aranda & Fernandez Gonzalo, 2016).

La potencia y fuerza muscular son cualidades determinantes en el ámbito de preparación deportiva y el desarrollo físico, ya que un deportista necesita ser capaz de expresar la mayor fuerza necesaria en el menor tiempo posible, según las acciones que su deporte requiera(Martinez Aranda & Fernandez Gonzalo, 2016).

En el fútbol, en la evidencia un jugador en promedio realiza entre 40 y 50 sprints de menos de 2 segundos, donde el 50% de los esfuerzos realizados a máxima velocidad, se ejecutan sobre distancias inferiores a 12 metros, 20% entre los 12 y 20 metros y un 15% entre 20 y 30 metros. Así mismo dentro de las acciones de juego un jugador acelera en promedio unas 130 veces y realiza más de 1000 cambios de ritmo(Masach, 2008). Por lo tanto, es claro que el fútbol es un deporte basado en acciones de alta intensidad, las cuales se repiten a lo largo de los entrenamientos y partidos; por lo cual las adaptaciones del sistema nervioso, las unidades motrices y las estructuras musculo- tendinosas, han cobrado importancia, a la hora de sistematizar los objetivos y planificar la preparación física de los jugadores(Prieto & García, 2012).

La fuerza, es una de las cualidades físicas con mayor importancia, debido a que con ella se optimiza el rendimiento, en las acciones explosivas de corta duración; por lo que dichas acciones explosivas, requieren de una considerable potencia muscular en los miembros inferiores, dado que permiten al jugador, aplicar gran cantidad de fuerza, en el menor tiempo posible, bien sea para acelerar más rápido que el rival, u oponerse a la inercia de la masa del propio cuerpo o en el contacto con el cuerpo del adversario, así como mantener la estabilidad y dominar el balón (Prieto & García, 2012)

3.3 Tipos de Contracción Muscular

Durante la contracción muscular se produce una tensión que actúa a la vez sobre el origen e inserción del músculo, bajo una misma magnitud, en la misma dirección, pero en sentido convergente, dicha tensión generada por la contracción, es lo que se denomina fuerza muscular. La cantidad de fuerza que se produce en cada contracción depende de la cantidad de puentes que se generen entre los filamentos de actina y miosina (Trew & Everett, 2006)

Dependiendo del tipo de contracción que realiza el músculo (isométrica o isotónica), la cantidad de fuerza generada es diferente, por lo que encontramos distintos tipos de contracción muscular: isométrica (igual longitud); isotónico (tensión muscular constante); isocinética (velocidad del movimiento constante) (Siff & Verkhoshansky, 2004).

3.3.1 Contracción isométrica

La fuerza es constante, si el músculo se encontrará en longitud de reposo la fuerza muscular generada es máxima y constante (Carrere, 2010). Isométrico significa igual longitud, estado que solo se produce cuando un músculo está relajado. De hecho, no es la longitud muscular sino el ángulo articular lo que permanece constante. Contracción significa acortamiento, por cuanto una contracción isométrica, provoca unos movimientos internos que acortan las fibras musculares. Por cuanto la contracción isométrica, es más definida como, una contracción muscular que tiene lugar cuando no existe un movimiento externo o un cambio en el ángulo articular. La fuerza producida por el músculo equilibra la resistencia impuesta sobre él sin producirse ningún movimiento.

3.3.2 Contracción concéntrica

La fuerza generada disminuye según el músculo se acorta, esto se debe a que los puentes de actina y miosina se montan según progresa la contracción (Carrere, 2010). Una contracción muscular concéntrica, es una acción muscular que produce una fuerza para superar la carga que actúa sobre ella.

Derivando dos tipos de contracción; contracción concéntrica dinámica, la cual conlleva al acortamiento del músculo y contracción concéntrica estática, en la cual se intenta el acortamiento, pero no se produce ningún movimiento externo (Siff & Verkhoshansky, 2004).

3.3.3 Contracción excéntrica

Este tipo de contracción genera un nivel más alto de fuerza, debido a la tensión que se origina por la elongación muscular, mientras las sarcomeras permanecen contraídas y los puentes entre los filamentos de actina y miosina están activos (Carrere, 2010)

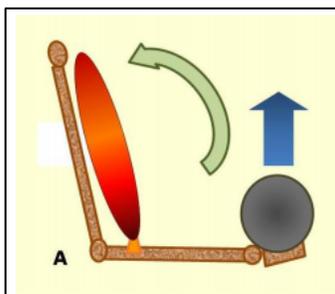
Se refiere a la acción muscular por la cual la fuerza muscular cede a la carga impuesta y se reconocen a su vez dos tipos de contracción excéntrica: dinámica, la cual conlleva el estiramiento del músculo en contracción y la contracción excéntrica estática, donde el estiramiento es resistido y no se produce ningún movimiento externo (Siff & Verkhoshansky, 2004)

A continuación, se dará una explicación más clara sobre la contracción concéntrica y excéntrica las cuales son de interés para efectos de esta investigación.

La Contracción Concéntrica: en este tipo de contracciones, el músculo produce más fuerza que la resistencia que quiere vencer y por esto se acortan las fibras musculares, se reducen los ángulos articulares y por consiguiente se acercan las

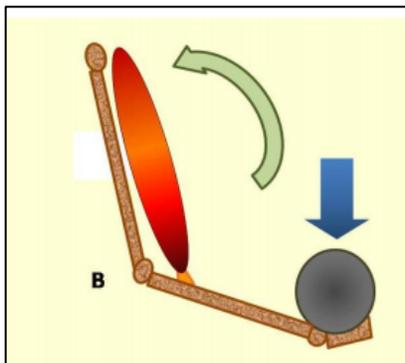
palancas(Knuttgen & Komi, 2003; N. A. Ratamess, 2011) ver figura 1. Por su parte en las acciones concéntricas, se plantea que ocurren cuando el potencial de acción alcanza el sarcolema y los iones de calcio pasan del retículo sarcoplasmático a unirse a la troponina, que modula la tropomiosina y deja libres los sitios activos de la actina, así las cabezas de la miosina se fijan provocando el deslizamiento de la miosina sobre los filamentos de actina, y generando el acortamiento de las sarcomeras(Carrere, 2010; Knuttgen & Komi, 2003), esto se ilustra en la figura 1.

Figura 2 Contracción concéntrica



Fuente:. Carrere, M. T. A. (2010). Biomecánica clínica. Fuerza, trabajo y potencia muscular. *REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 2(3).

La Contracción excéntrica: Assmussen en 1953, introdujo el termino como la magnitud de carga aplicada a un musculo que excede a la capacidad de producir fuerza por dicho músculo, este se contraerá a la vez que su longitud aumenta(Lindstedt et al., 2001). Por lo tanto, se define como la contracción muscular que se aleja del centro del músculo, esto se ilustra en la figura 3.

Figura 3, Contracción excéntrica

Fuente. Carrere, M. T. A. (2010). Biomecánica clínica. Fuerza, trabajo y potencia muscular. *REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 2(3).

3.4 Pliometría

Es importante mencionar la pliometría dentro de las fuerzas anisométricas, fuerza que es importante mencionar para efectos de la investigación.

El trabajo y el entrenamiento enfocado a los saltos remonta a muchos años, pero estos no incluían el término de pliometría, este fue incluido al tener en cuenta el desarrollo de la fuerza explosiva sobre la saltabilidad. V.M. Zaciorsky en 1996, introdujo el término “pliométrico”. Este autor buscaba expresar con el término el alto grado de tensión que producía un grupo muscular en la sucesiva y de la secuencia de tensión excéntrica- contracción concéntrica. Verkhoshanski en 1967, inicio estudios con diferentes tipos de saltos pliométricos buscando obtener mejores rendimientos en la fuerza explosiva(Rodríguez Facal, 1990).

La capacidad de salto, ha sido estudiada desde la fisiología y la biomecánica, teniendo en cuenta que corresponde a un aspecto relevante cuando se evalúa la condición física de un deportista. Para generar un salto, se requiere de una fuerza de contracción y velocidad de reclutamiento de la fibra muscular, así como de una buena frecuencia de descarga y número de unidades motoras reclutadas(Bencke et

al., 2002; Bobbert, Huijing, & van Ingen Schenau, 1987; Ferragut, Cortadellas, Arteaga-Ortiz, & Calbet, 2003)

Pliometría es un término de origen griego, que significa aumento medible. Zanon, define el concepto como la tensión alcanzada por los músculos que trabajan de esta forma, medida externamente (metría), es mayor (plio), que la tensión lograda por cualquier otro procedimiento (isométrico- isotónico)(Cometti, 1998)

También es conocido con el nombre de ciclo de Estiramiento – Acortamiento Muscular (CEA). Desde donde se parte de la base que la elasticidad muscular es un factor determinante en este ciclo. Por lo tanto, una contracción concéntrica, produce más fuerza y potencia muscular, cuando es precedida por una contracción excéntrica(Cometti, 1998).

El entrenamiento pliometrico (explosivo de saltos), consiste en la aplicación de una sobrecarga al músculo de tal manera que rápidamente estira al músculo (fase excéntrica o de estiramiento), inmediatamente antes de la fase concéntrica o de acortamiento(Cometti, 1998).

Esta fase de estiramiento en el ciclo de estiramiento- acortamiento facilita movimientos subsecuentes más potentes, los cuales intensifican los beneficios de velocidad- potencia(McArdle, Katch, & Katch, 2015). Los ejercicios pliometricos o entrenamiento de saltos explosivos consisten en rebotes sucesivos en el mismo lugar o saltos de un banco al suelo y de regreso al banco, y son utilizados en movimientos específicos de diferentes deportes.

Los ejercicios polimétricos comprenden una fisiología la cual involucra dos factores fundamentales entre los que encontramos:

-
1. *Estiramiento previo*: donde el músculo que es estirado más allá de su longitud de reposo, procura volver a su longitud inicial a través del funcionamiento de sus componentes elásticos. Lo cual potencia la contracción concéntrica inmediata.
 - 2.
 3. *Reflejo Miotático*: este reflejo es directamente proporcional a la velocidad con la que el músculo es estirado; durante la contracción concéntrica la orden proviene del sistema nervioso central, por su parte en el reflejo miotático la contracción es producida en forma refleja a nivel de la medula espinal.

Por lo tanto, la elasticidad muscular es el factor decisivo para comprender la forma en que el ciclo de estiramiento-acortamiento produce más potencia que una simple contracción muscular concéntrica(García Ramos & Peña López, 2016)

Así mismo, es importante resaltar la mecánica de las extremidades inferiores que provocan el salto y el aterrizaje, dado que son consideradas como indicadores de desempeño deportivo(Kollias, Panoutsakopoulos, & Papaiakovou, 2004), teniendo en cuenta que es un trabajo de varias articulaciones y que requieren de una coordinación intermuscular e intramuscular, siendo una acción que solicita fuerza explosiva que permita a un deportista cambiar de una mecánica excéntrica a otra concéntrica rápidamente(Young, 1995).

Por lo cual, para efectos de la investigación es importante definir la fuerza elástica explosiva, así como la fuerza elástico explosiva- refleja.

3.5 Fuerza Elástica Explosiva:

Este término hace referencia al resultado de una acción en la que el sujeto realiza un ciclo estiramiento- acortamiento (CEA) intenso o a alta velocidad. El resultado de

la acción depende en parte de la fuerza elástica que se ha generado en la fase excéntrica del CEA.

El termino explosiva es utilizado porque la fase concéntrica de la acción se realiza a la máxima velocidad posible para el sujeto; por lo tanto, corresponde a aquella fuerza elástica que se aprovecha cuando la fase concéntrica se realiza a una alta velocidad y de manera inmediata después de la excéntrica. Durante la fase excéntrica y concéntrica se mide el pico de fuerza, o múltiples picos de fuerza máximo explosivo y el tiempo empleado para alcanzar cada uno de ellos. Por lo cual, serán indicadores del resultado de la acción, y de ellos dependerá el rendimiento en altura, distancia horizontal o velocidad alcanzada después de ejecutar la acción(Badillo & Ayestarán, 2002).

3.5.1 Fuerza elástica explosiva-refleja

Es un concepto similar al anterior, pero se entiende que el ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA), se realiza a mayor velocidad y que el reflejo de estiramiento contribuye a que la fase concéntrica sea más efectiva. Este tipo de fuerza, se da en mayor medida cuando el CEA se produce posterior a una caída al suelo desde una determinada altura, es decir, ocurriría como una acción de rebote. El efecto de la acción podría depender en parte de la contribución del reflejo de estiramiento y de la fuerza elástica generada, por lo que los picos de fuerza generados y los valores de fuerza máxima explosiva continuarían siendo los indicadores del rendimiento. También es conocida como fuerza reactiva; por lo que después de un tipo de acción, en este caso una acción excéntrica, se da una reacción, es decir, una acción en sentido contrario(Badillo & Ayestarán, 2002).

Amú 2010, considera que una buena forma de valorar la fuerza explosiva de los miembros inferiores es el test de salto vertical(Ruiz, 2010). Donde es importante resaltar el aporte de Bosco (1999), quien diseño el protocolo para medir distintos tipos de saltos verticales, y ha tomado una gran importancia, considerándose una de las pruebas más utilizadas para medir esta capacidad en los diferentes deportistas(Bosco, 1999; Fiol & Calbet, 1998; Gorostiaga et al., 2004; Izquierdo, Ibañez, GonzÁlez-badillo, & Gorostiaga, 2002; Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011)

3.6 Test de Bosco

Esta batería de saltos verticales, tiene por objeto valorar las características morfo-histológicas (tipos de fibra muscular), funcionales (altura y potencia mecánica del salto) y neuromusculares (aprovechamiento de la energía elástica y del reflejo miotático, resistencia a la fatiga) de la musculatura extensora de los miembros inferiores a partir de las alturas obtenidas en distintos tipos de saltos verticales y de la potencia mecánica de algunos de ellos(Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983).

El test de Bosco, presenta un protocolo de diferentes tipos de saltos verticales máximos, entre los que se encuentran:

1. Squat Jump (SJ)
2. Counter Movement Jump (CMJ)
3. Drop Jump (DJ)
4. Abalakov
5. Repeat Jump (RJ)

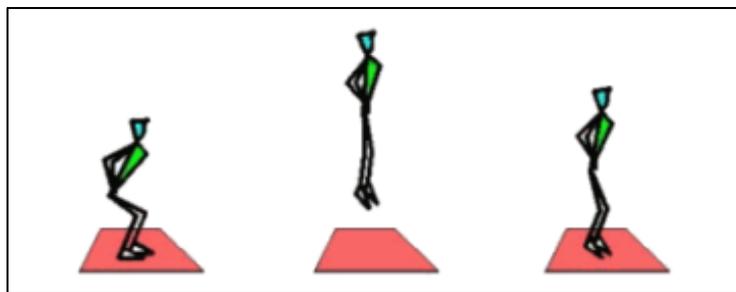
Para efectos de esta investigación, describiremos el protocolo del Squat Jump y del Counter MovementJump, los cuales fueron empleados para la valoración de la

fuerza explosiva de los jugadores de fútbol de la categoría sub20 de las fuerzas básicas, del club deportivo la equidad.

3.6.1 Squat Jump (SJ)

Es un salto realizado con las dos extremidades, en una flexión de rodillas a 90° , mantenida, desde la que se asciende verticalmente sin ningún tipo de contra movimiento o rebote, efectuando un salto vertical máximo. (Figura 4). Este salto evalúa la fuerza explosiva sin la utilización de la energía elástica ni el aprovechamiento del reflejo miotático (Bosco, 1999).

Figura 4, Squat Jump Test

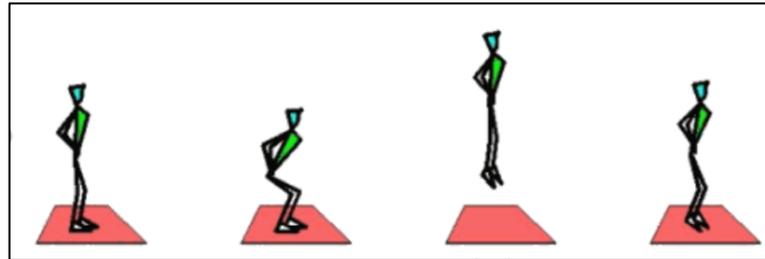


Fuente. Tomada de Villa, J., & García-López, J. (2003). Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. *Revista Digital: Rendimiento Deportivo. com*, 6, 1-14.

3.6.2 Counter Movement Jump (CMJ)

Partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación, este tipo de salto consiste en realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas hasta un Angulo de 90° , para consecutivamente y sin pausa alguna efectuar un salto vertical máximo (Figura 5). Evalúa la fuerza explosiva con utilización de la energía elástica, pero sin aprovechamiento del reflejo miotático (Villa & García-López, 2003).

Figura 5, Counter Movement Jump Test



Fuente: de Villa, J., & García-López, J. (2003). Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. *Revista Digital: Rendimiento Deportivo. com*, 6, 1-14

3.7 Fuerza Excéntrica

El concepto excéntrico fue introducido por primera vez en 1953 por Asmussen, quien lo definió, estableciendo que cuando la magnitud de la carga aplicada a un musculo excede a la capacidad de producir fuerza por dicho músculo, este se contraerá a la vez que su longitud aumenta(Lindstedt et al., 2001). Por lo tanto, se entiende el concepto de contracción excéntrica como aquella contracción muscular que se aleja del centro del musculo.

El fisiólogo Adolf Fick en 1882, estableció que si un músculo se estira durante una contracción, este podría ejercer mayor fuerza, por lo que hablaba de un trabajo negativo y posteriormente lo llamo trabajo excéntrico. Por su parte Archibald Hill, descubrió, que además de producir más fuerza, la producción de calor en las contracciones excéntricas es menor que en las contracciones concéntricas(Hill, 1960)

Se han realizado diferentes, estudios en los que se han evaluado las características y beneficios del entrenamiento excéntrico, con respecto al concéntrico, y su aplicabilidad dentro del ámbito deportivo y como estrategia de rehabilitación de las lesiones deportivas.

Existe un consenso en reconocer que las acciones excéntricas tienen características diferentes a las concéntricas, pero que el trabajo de ambas es

complementario y a su vez se potencia. En algunos estudios se ha establecido que hay mayor producción de fuerza en una contracción concéntrica cuando estas van precedidas de una contracción excéntrica (Colliander & Tesch, 1990; Dudley, Tesch, Miller, & Buchanan, 1991). Se ha comprobado que esto podría suceder, debido a que las acciones excéntricas tienen como particularidad mecánica la mayor contribución de los componentes elásticos en la unidad músculo- tendinosa,

aumentando así el potencial de producción de fuerza para contracción concéntrica siguiente (Meylan et al., 2008; Roig, Shadgan, & Reid, 2008).

3.7.1 Características de la fuerza excéntrica

Diversos autores, han concluido que el ejercicio excéntrico conlleva a un menor coste energético frente a las acciones concéntricas. Así mismo, la acción excéntrica posee un patrón específico de funcionamiento neural, teniendo en cuenta que, tienen un patrón diferente de reclutamiento de unidades motoras mediante un tipo específico de activación neural, basado en un modelo de Henneman, en el cual se establece un orden específico en una contracción de intensidad progresiva. Para el caso de las acciones excéntricas, a diferencias de las concéntricas, la activación de las fibras tipo IIx, se haría de un modo más rápido y menos escalonado (Duchateau & Baudry, 2013; Hortobagyi et al., 1996)

Sin embargo, el ejercicio excéntrico también ha sido asociado al daño muscular y al dolor muscular tardío (DOMS), dado que las cargas excéntricas agudas, muy altas o repetitivas, son causantes del daño muscular (Enoka, 1996; Paulsen et al., 2010). Esto se debe a un menor reclutamiento de fibras, lo que va en contraposición a una mayor carga mecánica, además de que las fibras tipo IIx, han mostrado ser susceptibles a la rotura de sus proteínas contráctiles ante cargas excéntricas excesivas (McHugh, 2003). Lo que provoca una respuesta inflamatoria tardía como reacción para la reparación del daño producido por las rupturas de los sarcomeras de actina y miosina,

así como los filamentos intermedios de titina y nebulina, y a su vez se da la síntesis de sustancias reparadoras con lo que se deriva el material hacia el espacio extracelular, que junto con la reacción inflamatoria asociada, activan los receptores de dolor, DOMS(McHugh, 2003; Paulsen et al., 2010).

Por su parte, el entrenamiento excéntrico produce un efecto de esfuerzo repetido (RBE- Repeated Bout Effect), consiste en que el daño que se produce en las sesiones posteriores de haber realizado un ejercicio

excéntrico no es el mismo que se produce en la sesión inicial, además, en las sesiones posteriores hay una recuperación de la fuerza muscular(McHugh, 2003). Convirtiéndose en una adaptación como respuesta a la carga excéntrica.

Adicionalmente, en las acciones excéntricas se obtienen mayores picos de fuerza, esto fue determinado en 1965, a través de mediciones obtenidas por dinamometría isocinetica en ejercicios de fuerza y se encontraron valores superiores en acciones excéntricas de hasta el 40% comparadas con las concéntricas y de un 14% con respecto a las isométricas(Doss & Karpovich, 1965).

3.7.2 Ejercicio Excéntrico y ganancia de fuerza.

Se han realizado estudios a nivel mundial en los que se ha demostrado que se obtienen mayores ganancias de fuerza con las acciones excéntricas que en las concéntricas. Esto se debe a que la fuerza excéntrica implica un menor coste energético para desarrollar una carga determinada(Peñailillo et al., 2013), lo que permite a los deportistas superar una mayor carga que durante acciones concéntricas en el mismo porcentaje de 1-RM. Lo que provoca un desarrollo mayor de tensión para una misma carga relativa y por lo tanto a mayores ganancias de fuerza(Moir, 2015), y una mayor activación de las unidades motoras(Hortobagyi et al., 1996).

La estimulación neuromuscular que provoca el ejercicio excéntrico se da por un estiramiento superior del huso neuromuscular, el cual es un receptor de estiramiento que se encuentra paralelo a la actina y miosina y es sensible a los cambios en la longitud y a la velocidad de estiramiento del músculo; el aumento en la extensión de los husos neuromusculares provoca un incremento en los impulsos de los nervios motores que producen un aumento potencial en la capacidad de producir fuerza(Dietz, Schmidtbleicher, & Noth, 1979)

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar, que el entrenamiento mediante acciones musculares excéntricas, conduce a un incremento en la fuerza, por lo que los deportistas necesitan mejorar las habilidades de desaceleración o la capacidad de controlar los aterrizajes tras el salto, por lo cual es recomendable implementar dentro de la planificación del entrenamiento, el componente excéntrico(Gamez Araguez, 2017).

Adicionalmente, cabe mencionar la importancia que tiene el entrenamiento excéntrico sobre el músculo, y como hay un aumento del tamaño de este durante la ejecución de este tipo de entrenamiento.

La hipertrofia muscular consiste en el aumento del tamaño del músculo, y puede darse por el entrenamiento de la fuerza bien sea de tipo, concéntrico, excéntrico o isométrico. Roig et al, realizaron un meta-análisis para evaluar los efectos del tipo de acción muscular sobre la hipertrofia, en el analizaron 20 estudios controlados aleatorizados con resistencia externa isocinetica e isoinercial y llegaron a la conclusión de que cuando se realizan ejercicios excéntricos utilizando cargas relativas altas, se produce un incremento significativo sobre la hipertrofia(Roig et al., 2009).

Así mismo, como se ha mencionado anteriormente, el ejercicio excéntrico implica un menor coste energético ante una misma carga de trabajo (Peñailillo et al., 2013). Por lo tanto, se considera que las acciones

musculares concéntricas generan un mayor daño muscular que las acciones concéntricas, dada la capacidad de generar más tensión durante el estiramiento del músculo, por lo que, el daño muscular inducido por el ejercicio puede ser un estímulo de la hipertrofia muscular, teniendo en cuenta que hay una respuesta inflamatoria, donde el músculo dañado emite agentes que atraen macrófagos, linfocitos y estos libera factores de crecimiento que regulan la proliferación y diferenciación de las células satélite y en consecuencia la reparación del daño muscular y la generación de nuevo núcleos de fibras musculares(Schoenfeld, 2010).

Finalmente, se puede concluir que el entrenamiento con acciones excéntricas es más eficaz que el concéntrico, debido a que permite desarrollar una mayor tensión mecánica, permite realizar un mayor volumen de entrenamiento por su menor coste energético, conduce a un mayor daño muscular y a una mayor tensión sobre las estructuras pasivas, que pueden desencadenar un mayor crecimiento en las fibras musculares de tipo II (Gamez Araguez, 2017).

3.8 Entrenamiento Isoinercial

La base de los sistemas isoinerciales, es la tecnología MV2, sistema de resistencia basado en un mecanismo de resistencia isoinercial donde la energía producida por el sujeto durante la fase concéntrica se devuelve en la fase excéntrica. Lo que permite conseguir un trabajo excéntrico en cadena cinética cerrada-abierta, multiplano y multiarticular. Se utiliza la inercia de un volante en lugar de la energía potencial obtenida por la posición de un objeto externo. En la fase concéntrica el sujeto genera energía cinética a través del giro del volante, la cual se frenará durante la fase excéntrica(Maroto-Izquierdo et al., 2017; Suarez-Arrones et al., 2018).

Debido a que esta acción excéntrica se realiza en un desplazamiento angular menor que en la acción concéntrica, aun siendo la misma energía en ambas acciones, el

torque excéntrico es superior al concéntrico, por lo que se produce una sobrecarga excéntrica(Askling et al., 2003).

El mecanismo de funcionamiento consta de un eje donde se conectan dos o un volante inercial, según el modelo; y en el cual, hay una ranura donde se fija la correa que se envuelve y se desenvuelve durante la acción rotacional del dispositivo. Para activarlo, la correa debe estar previamente envuelta en el eje y ser desenrollada fuertemente por el sujeto para hacerlo girar y así giraran los discos. La extensión completa de la correa corresponde a la fase concéntrica del movimiento y en esta, los volantes aumentan su velocidad angular la cual es proporcional a la fuerza de la tracción, de esta forma hay una acumulación de energía cinética, de forma que al final de esta acción, el volante seguirá girando en virtud de su inercia y la correa se rebobinara de nuevo en el eje; este enrollamiento corresponde a la fase excéntrica del movimiento, la misma que generara la resistencia a vencer en el momento del frenado para iniciar una nueva acción concéntrica(Gamez Araguez, 2017) . Esto se ilustra en la Figura 6

Figura 6. Modelo de dispositivo isoinercial exxentric -Kbox.



Fuente: Modelo de dispositivo isoinercial exxentric -Kbox. Fuente catálogo exxentric

Así en un ciclo completo, el volante siempre girará en un mismo sentido, y cuanto más fuerte sea la fase concéntrica, la energía acumulada será proporcionalmente más alta y también la sobrecarga excéntrica(Julio Tous-Fajardo et al., 2006).

Existen otros dispositivos inerciales que trabajan bajo el mismo principio, con el fin de estimular la sobrecarga excéntrica desde aspectos funcionales, entre ellas encontramos la polea cónica excéntrica Versapulley, que consta de un cono en cuya base inferior se ubica un número determinado de masas, según las resistencias que se quieran ejercer y que giran cuando se enrolla y se extiende sobre un cable que gira en tono al cono(Chiu & Salem, 2006). Esto se ilustra en la figura 7.

Figura 7, Dispositivo Polea Cónica Versapulley



Fuente: Modelo polea cónica Versapulley. Fuente www.versapulley.com

Esta polea cónica se aplica en entornos de entrenamiento deportivo por el carácter funcional, dado que permite movimientos multi-articulares, y permite el trabajo de sobrecarga excéntrica para miembros superiores.

Se han realizado un sin número de investigaciones sobre los efectos del entrenamiento con tecnología isoinercial en diferentes poblaciones y se ha concluido que, este tipo de entrenamiento aumenta la hipertrofia, hay mayor sobrecarga excéntrica con mayor activación electromiografía durante esta fase, se gana fuerza excéntrica y potencia de los miembros inferiores o las estructuras entrenadas, se produce un aumento en la máxima contracción voluntaria en el

cuádriceps, y por lo general se producen adaptaciones músculo-esqueléticas iguales o mayores que en el entrenamiento convencional (Gamez Araguez, 2017).

Pese a que el entrenamiento isoinercial en muchos casos está enfocado al fortalecimiento muscular y se pretende establecer dentro de la planificación del entrenamiento en las diferentes modalidades deportivas, también ha sido utilizada como una herramienta fundamental para la prevención y recuperación de lesiones, dado que a largo plazo se generan diversas adaptaciones a nivel muscular y tendinoso; por lo que es aplicable para sujetos lesionados o para aquellos deportistas que quieran mejorar su rendimiento o prevenir lesiones músculo-tendinosas (LaStayo et al., 2000).

3.9 Importancia de la potencia muscular

La fuerza excéntrica se ha convertido en un elemento esencial en el alto rendimiento deportivo; dentro de un protocolo de evaluación se debe evaluar de manera adecuada esta cualidad. Para esto, se utilizan herramientas como los dinamómetros isocinéticos los cuales tienen limitaciones debido al modo de contracción y velocidad. Consecuentemente, la valoración isoinercial de la fuerza excéntrica puede proveer información de mayor utilidad para el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento de los practicantes. (T. Bompa, 2003).

En el fútbol de alto rendimiento, se debe realizar la valoración de la fuerza y potencia excéntrica de forma objetiva debido a que brindan datos objetivos para realizar intervención, diagnóstico y pronósticos sobre planes de fuerza y acondicionamiento muscular en jugadores de fútbol profesional. En estudios de investigación se ha utilizado el dinamómetro isocinético para la medición de la fuerza excéntrica. Pero, este tipo de valoración presenta limitaciones como la evaluación en movimientos monoarticulares y velocidad mantenida por un periodo de tiempo específico a un mayor costo. En el alto rendimiento se deben realizar evaluaciones funcionales prácticas y específicas. Para ejemplificar, la evaluación mediante los dispositivos

isoinerciales es más apropiada debido a que se evalúa patrones funcionales del gesto motor relacionado con la fuerza que se utiliza en momentos específicos del juego. La evidencia ha descrito algunas limitaciones en cuanto a la evaluación con este tipo de tecnología dentro de las cuales se encuentran: No existe un consenso de acuerdo a las cargas absolutas y relativas entre la potencia pico y el promedio de fuerza muscular, no existe claridad entre el tipo de equipos que se deben utilizar en la evaluación y se requieren la realización de más estudios de investigación sobre la validez y confiabilidad de algunas mediciones en alto rendimiento. En la evaluación funcional la fuerza excéntrica a través de 1RM y la potencia demuestran ser confiables en evaluaciones concéntricas y excéntricas. En contraste, se debe realizar la evaluación del pico de potencia producido según la posición donde se da el momento de fuerza para determinar las cargas relativas para su evaluación. Adicionalmente, las cargas relativas se pueden determinar mediante el análisis de las fuerzas que se aplican durante un momento específico, esto se traduce en que en el momento de la evaluación de la carga excéntrica tiene variación en los individuos dependiendo de factores tales como la composición corporal y nivel de entrenamiento debido a que la evaluación mediante cargas absolutas no parecen ser un parámetro de evaluación adecuado. Se requieren mayores investigaciones que permitan determinar un protocolo mediante los dispositivos isoinerciales de fuerza muscular excéntrica y realizar estudios de validación y seguimiento(T. Bompa, 2003).

El entrenamiento convencional de potencia

La potencia muscular es una cualidad física que resulta de la combinación de la fuerza muscular y la velocidad durante un movimiento. El desarrollo de la potencia muscular depende de la relación entre la función de los sistemas nervioso y muscular, lo cual determina la coordinación inter e intramuscular, elementos fundamentales para un adecuado rendimiento deportivo(Coldeportes, 2015)

La potencia y fuerza muscular son cualidades esenciales en el ámbito de la

preparación deportiva y el desarrollo físico. Un deportista necesita ser capaz de expresar la mayor fuerza necesaria en el menor tiempo posible para las acciones que su disciplina deportiva requiera. Por ello, el entrenamiento destinado a desarrollar valores máximos de fuerza y potencia en determinadas acciones que requieren aceleraciones y cambios rápidos de dirección, puede ser uno de los puntos clave en los programas de mejora del rendimiento deportivo(Contreras & Valenzuela, 2007).

En función de maximizar el potencial de los jugadores, los aumentos en la fuerza tienen que estar dirigidos hacia las adaptaciones específicas del juego. De tal forma, un jugador de fútbol requiere el desarrollo de las siguientes capacidades relacionadas con la fuerza(T. Bompa, 2003)

Potencia hace referencia a la tasa de aplicación de fuerza. Cuando se integra velocidad con fuerza máxima, el resultado es la potencia, una cualidad determinante en cualquier tipo de salto, o cambios rápidos de dirección(T. Bompa, 2003).

Potencia de Despegue es un elemento crucial en el fútbol, en el cual el jugador trata de proyectar el cuerpo al punto más alto ya sea para cabecear o bloquear el cabezazo. En la mayoría de los casos la fuerza vertical del salto realizada al instante del despegue, es al menos tanto como dos veces el peso del atleta. La altura del salto es directamente proporcional a la potencia de las piernas(T. Bompa, 2003).

Potencia de Arranque en el fútbol hay muchas instancias en las que se requiere que el jugador cubra una distancia dada en el menor tiempo posible. Esto se logra sólo si al comienzo de una contracción muscular el jugador tiene la capacidad de generar una fuerza máxima para crea una alta velocidad inicial. El comienzo rápido de un sprint depende del tiempo de reacción y de la potencia que el jugador puede ejercer en ese instante(T. Bompa, 2003).

Potencia de Desaceleración el fútbol requiere no solamente rápidos sprints, sino que también requiere rápidos cambios de dirección con prontitud y agilidad. Las

dinámicas del juego cambian tan abruptamente que, tal vez, el jugador que está corriendo velozmente en una dirección tiene que cambiarla rápidamente, con la menor pérdida de velocidad, y acelerando en otra dirección(T. Bompa, 2003).

Para acelerar rápidamente, se requiere un gran monto de potencia en las piernas y en los hombros. Esto también es válido en el momento de desaceleración, porque involucra a los mismos músculos (cuádriceps, isquiotibiales y gemelos), excepto aquellos que se están ejerciendo contracciones excéntricas. Durante una desaceleración rápida, un jugador de fútbol emplea una fuerza tres veces más alta que la de su propio peso corporal. Por lo tanto, en función de fortalecer la capacidad para desacelerar rápidamente, se debe entrenar la potencia de desaceleración(T. Bompa, 2003).

Potencia de Aceleración tan pronto como el jugador comienza a correr, está tratando de alcanzar la más alta aceleración posible. La capacidad para lograrlo depende de la potencia y rapidez de las contracciones musculares, e impulsar los brazos y las piernas, ésta a la más alta frecuencia de zancada, la menor fase de contacto posible cuando la pierna toma contacto con el piso, y la más alta propulsión cuando la pierna empuja en contra del piso, para lograr un potente impulso hacia delante(T. Bompa, 2003).

La elevada aceleración depende de la fuerza de los brazos y de las piernas. Durante la aceleración elevada, las piernas requieren una fuerza tan alta como el doble del propio peso corporal(T. Bompa, 2003).

Existen diferentes métodos para el entrenamiento de la potencia muscular en fútbol como los que serán descritos a continuación.

El método de la carga máxima.

La capacidad de un jugador para generar una fuerza máxima depende, en alto grado de: 1) el diámetro del músculo, más específicamente el diámetro de los filamentos de miosina y de los puentes cruzados; 2) de la capacidad para reclutar las fibras

musculares de contracción rápida (FT); y 3) la capacidad para sincronizar todos los músculos que estén involucrados en la acción (lo cual es un componente del aprendizaje y se incrementa con la práctica de levantar cargas pesadas(T. Bompa, 2003).

En el concepto global de la periodización de la fuerza, fuerza máxima es mejorada a través del método de la carga máxima (MCM), que entre, otros, representa el factor más determinante en el desarrollo de otros tipos de fuerzas, usadas para la producción de potencia específica del juego(T. Bompa, 2003).

Los aumentos en la Fuerza Máxima, usando cargas máximas, tienen ciertas ventajas, tales como:

1. Incrementa la activación de Unidades Motoras, lo que resulta en un elevado reclutamiento de fibras musculares FT(T. Bompa, 2003).
2. Representa el factor determinante para la producción de potencia, y como tal, este factor genera una alta producción neural para el fútbol, dónde la potencia es dominante(T. Bompa, 2003).
3. Mejora la coordinación y sincronización de unidades motoras de todos los grupos musculares durante la performance(T. Bompa, 2003).

El Método Isotónico

El intento de mover peso lo más rápido y fuertemente posible, a través de un rango completo de movimiento, representa uno de los métodos clásicos que se usan para el entrenamiento de potencia. La pesa libre, o cualquier otro equipamiento que permita al sujeto mover la carga con aceleración (por ej. balones medicinales) representa un buen medio para lograr la meta de desarrollar la potencia(T. Bompa, 2003).

También es necesario un alto nivel de fuerza máxima para la primera parte del levantamiento o lanzamiento. Cualquier barra o implemento (balón medicinal) tiene

una cierta inercia (por sus propias masas o pesos). Si esta barra o implemento ha de ser levantado o lanzado explosivamente, la parte más difícil es la primera transición del lanzamiento o levantamiento. Para poder vencer esa inercia en los músculos se tiene que producir una alta tensión. Cuánto más elevada sea la fuerza muscular, más fácil será vencer la inercia, y el inicio del ejercicio será también más explosivo. Esto es solamente si uno tiene la capacidad de contraer rápidamente a los músculos para crear tal velocidad. Esta es la razón por la cual cualquier deportista involucrado en el fútbol necesita realizar un entrenamiento de potencia durante la fase de conversión(T. Bompa, 2003).

Sin el entrenamiento de potencia uno nunca será capaz de saltar más alto, moverse más rápido o rematar la pelota más fuerte, sin importar que tan fuerte sea uno(T. Bompa, 2003).

El Método Balístico

Para el método balístico, la fuerza de los músculos del jugador se puede aplicar en contra de implementos tales como una bala, utilizada por lanzadores de bala en atletismo, balones, medicinales, campanas pesadas, y trabajos pliometricos. Como la fuerza del deportista excede en gran medida la inercia de estos elementos, el movimiento ocurre explosivamente. El método usado para fortalecer la potencia, mediante el uso de tales elementos, se llama método balístico(T. Bompa, 2003).

Durante una acción balística la energía del deportista es impartida en contra de la resistencia muy dinámicamente, desde el comienzo hasta el final del movimiento. Como resultado, el implemento es proyectado a una distancia proporcional a la potencia que se aplica en contra del mismo, o en contra del piso (en el caso de ejercicios pliometricos)(T. Bompa, 2003).

Los ejercicios balísticos pueden ser realizados hacia el final de la sesión de entrenamiento, o inmediatamente después de la entrada en calor, dependiendo de los objetivos de entrenamiento. Si uno ha planificado un importante trabajo técnico-

táctico para un día en especial, el trabajo adicional, como podría ser el desarrollo/mejoría de la potencia, se convierte en una meta secundaria. Sin embargo, a menudo, el trabajo sobre la potencia puede planificarse inmediatamente después de la entrada en calor, especialmente hacia el final de la fase preparatoria(T. Bompa, 2003).

Entrenamiento isoinercial

Cuando hablamos de trabajo isoinercial, el terapeuta readaptador suele buscar una mejora de la forma física, donde las fases iniciales de recuperación de una patología (en caso de haberla habido) ya suelen haberse logrado. De este modo, se suele emplear como una herramienta de la progresión funcional (sucesión de actividades que estimulan las capacidades motoras y deportivas, permitiendo al atleta adquirir o recuperar las capacidades necesarias para llevar a cabo esfuerzos atléticos con seguridad y eficacia).

El entrenamiento isoinercial es un gran sistema para trabajar el sistema muscular global que engloba aquellos músculos con gran capacidad de torque y que se adaptan a grandes cargas extrínsecas y que, en resumen, se encargan de la movilidad del aparato locomotor.

La fase excéntrica del entrenamiento isoinercial va a facilitar una serie de beneficios tales como la hipertrofia de fibras tipo II(Hortobagyi et al., 1996), un aumento de la activación y contenido de células satélite(Hyldahl & Hubal, 2014), una alteración de la arquitectura muscular con consiguiente aumento de la longitud del fascículo muscular(Blazevich, Cannavan, Coleman, & Horne, 2007), entre muchos otros. Todos estos cambios van a ser claves a la hora de mejorar la eficiencia neuromuscular.

Para obtener la máxima eficiencia muscular, el músculo debe tener buena capacidad de generar tensión (contraerse) a lo largo de toda su amplitud. Esta capacidad no va a ser constante durante todo su recorrido(Goldspink & Harridge,

1992) ya que los músculos tienden a perder eficiencia tanto en un rango interno como externo (en posición de acortamiento y de estiramiento). Esto se debe a que, en el punto intermedio, donde el músculo es más eficiente, hay una gran relación de puentes actina-miosina, relación que disminuye en acortamiento como también estiramiento por resistencia de los componentes elásticos pasivos.

El trabajo isoinercial va a facilitar la eficiencia muscular en toda su amplitud (Brughelli et al., 2010), los músculos que trabajan en una amplitud diferente a la habitual, que “salen” de este punto medio, tienen capacidad de adaptar la tensión según la longitud que adopta, generando una tensión óptima tanto en un recorrido interno como en uno de externo y por ende mejorar la capacidad de generar fuerza en todo el recorrido articular, característica de gran importancia a la hora de garantizar un buen control motor, una buena estabilidad y una disminución del riesgo de padecer una lesión.

Un factor importante está determinado por la planificación de este tipo de entrenamiento el cual se debe manejar de forma adecuada en relación a la carga y su progresión. Se debe iniciar por un periodo de adaptación y familiarización. Se debe tener en cuenta la velocidad y la calidad del movimiento para la ejecución del gesto motor. Se debe realizar el incremento de la carga basados en la intensidad y el porcentaje de carga de los dispositivos isoinerciales los cuales generan más carga dependiendo de la inercia del dispositivo. Se debe determinar la cantidad series y repeticiones con base en la carga aplicada según la inercia y la fase en la cual se encuentra el deportista en el cual se realizará el entrenamiento con los dispositivos isoinerciales. Para ejemplificar en las primeras dos semanas de adaptación se pueden realizar 1 sesión de entrenamiento con dispositivos isoinerciales realizando 3 series de 6 repeticiones, semana 3-6 dos sesiones de 4 series de 6 repeticiones, semana 7 -10 2 sesiones de 5 series de 6 repeticiones adaptando la inercia al nivel de fuerza que se encuentre el deportista (M. de Hoyo et al., 2015; Harris-Love et al., 2017).

CAPITULO 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente apartado se enunciarán los principales aspectos metodológicos de la presente investigación.

4.1 Diseño del estudio

Se desarrolló un ensayo controlado aleatorizado(ECA) debido a que se realizó un diseño analítico en el cual se definió una población de estudio con una intervención específica que tenía como fin demostrar la aplicabilidad de un entrenamiento de tipo isoinercial sobre la potencia muscular de futbolistas de la categoría Sub 20 en el cual se realizó una aleatorización donde se utilizó el método coordinado negativo en el cual los participantes del estudio fueron asignados en dos grupos de entrenamiento de manera aleatoria.

Grupo experimental Grupo de Intervención Isoinercial (GII): Este grupo realizó un protocolo de entrenamiento isoinercial en la máquina kBox Excentric (YoYo® Technology Inc., Stockholm, Sweden), en el cual se realiza contracciones concéntricas y excéntricas en un corto periodo de tiempo. EL Yoyo consiste en una plataforma metálica con las siguientes medidas (100x50;90x40cm) y un peso de 16.8 kg. Las principales características de este equipo son las siguientes: la primera, es que genera una resistencia variable e ilimitada, no hay un límite con relación a la energía cinética utilizando la fuerza máxima para acelerar o desacelerar, la resistencia es variable y depende del empuje. La segunda es que tiene la posibilidad de crear una sobrecarga excéntrica ya que en nuestros músculos hay más fuerza en la fase excéntrica y es difícil generarla con entrenamientos y equipos convencionales. La tercera, es que es una máquina ergonómica, la cual permite que el desplazamiento de la fuerza en el squat se dé a través del chaleco hacia los hombros y miembros inferiores, y no hacia la zona lumbar, evitando una sobrecarga de la misma(L. Norrbrand et al., 2010)

El protocolo tuvo una duración total de 8 semanas. Las dos primeras semanas estuvieron orientadas a la familiarización con los equipos. Posteriormente se

realizaron 6 semanas de entrenamiento específico con variación progresiva de la intensidad y el volumen de la carga, la frecuencia se mantuvo constante, 2 días por semana. En las semanas 1-2 se realizaron ejercicios de familiarización a las máquinas, entrenamiento del gesto motor y calidad de movimiento, en la semana 3-5 se realizaron 3 series de 6 repeticiones; semana 5-7, 2 series de 6 repeticiones, con incremento de la intensidad y en la semana 8 donde se realizó 4 series de 6 repeticiones con una evaluación final con inercia al 0.050 kg/m² (Ver tabla 3) y (Anexo C)

Grupo Control (GC): Este grupo realizó un protocolo de entrenamiento convencional basado en la realización de ejercicios con pesas y de pliometria con contracción netamente concéntricas. Se realizó en la semana 1-2 un periodo de adaptación y familiarización con enfoque en el gesto motor y la calidad de movimiento con una frecuencia de 2 veces por semana a un porcentaje de carga entre el 40 y 50% 1-RM, semana 3-4 se realizaba entrenamiento dos veces por semana al 50-60% 1-RM, semana 4-5 2 veces por semana al 60-70%-1RM, semana 6-8 2 veces por semana entre el 70-90% 1-RM donde se utilizaron la banca de cuádriceps unipodal y de isquiotibiales marca Forma (Ver fotografía 5), máquina de sentadilla Smith forma (Ver fotografía 6) y prensa de igual marca (Ver fotografía 7) con los respectivos discos (10,15,20kg). Además de vallas de 30cm y Step, (Ver fotografía 8). (Ver anexo D).

En ambos grupos se realizaron 3 evaluaciones establecidas a la tercera semana, semana 6 y semana 8 con la plataforma Axon® y 2 evaluaciones en las semanas 3 y 8 con el sistema Smart Coach™(Aranda & Gonzalo, 2016). La evaluación con el sistema Smartcoach se realizó midiendo la potencia media concéntrica y excéntrica; para la evaluación con la plataforma Axon se realizó el Squat Jump debido a que mide la potencia y la fuerza explosiva y debido al movimiento no tiene aprovechamiento del componente elástico que tienen los otros saltos. La evaluación con este salto brinda una medida más exacta sobre la potencia muscular y la capacidad contráctil y la capacidad de sincronización de las fibras para obtener un

valor más homogéneo del individuo(Andrade et al., 2015; Garrido, González, Sirvent, & Expósito, 2005)

4.2 Investigadores

David Felipe del Castillo Londoño: Fisioterapeuta, estudiante de maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Érica Mabel Mancera Soto: Profesora Asociada. Departamento del Movimiento Corporal Humano

4.3 Aspectos éticos

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá según resolución No. 008430 de 1993

La aplicación del protocolo de investigación se acogió al principio ético de beneficencia para la investigación, por lo cual, se tuvo en cuenta los riesgos e implicaciones para este tipo de estudio, estableciendo la vulnerabilidad a la cual los sujetos estarán expuestos. Según la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud en su artículo 11 numeral b, se definió que este tipo de estudio como una investigación de riesgo mínimo, puesto que cumple con los requerimientos allí expuestos.

“Investigación con riesgo mínimo: Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesa al sujeto, electrocardiogramas...ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a grupos o individuos en los que no se manipulará la conducta del sujeto...”(Resolución, 1993)

4.3.1 Consentimiento informado

Dando cumplimiento al artículo 25, del capítulo III de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, previo al inicio de cualquier intervención, se obtendrá el consentimiento informado (**Anexo A**) por parte de los participantes. En este documento se certificará que los sujetos participantes fueron informados de los objetivos, procedimientos, indicaciones, contraindicaciones y riesgos derivados de la realización del estudio. Así mismo quedará establecido que ellos decidieron bajo su voluntad la participación dentro de la investigación y que podrán retirarse sin ninguna consecuencia. Se garantizará la confidencialidad y el buen manejo de los datos obtenidos en la investigación(Resolución, 1993).

En el transcurso del desarrollo de la investigación se realizará un registro de los datos y se ejecutará estrictamente lo establecido en los protocolos de intervención, los cuales fueron creados con base en evidencia científica que justifica el principio de beneficencia y el riesgo mínimo de las intervenciones. Adicional no se presentó ningún tipo de lesión, ni ningún deportista presentó dificultad en su estado de salud que le impidiera participar y continuar en la investigación.

4.3.2 Propiedad intelectual

Según el acuerdo 035 de 2003 del acta No. 8 del 3 de diciembre del 2003, por el cual se expide el reglamento sobre propiedad intelectual en la Universidad Nacional de Colombia, el proyecto de investigación “Efecto de Un Programa de Entrenamiento Isoinercial sobre la Potencia Muscular en Jugadores de Fútbol de la Categoría Sub 20 del Club Deportivo La Equidad Seguros” (Académico), al hacer parte de una actividades de carácter académico de creación intelectual, se acoge al siguiente acuerdo:

En este acuerdo, en el artículo 16, se establecen los momentos en los cuales la Universidad Nacional de Colombia es titular de los derechos patrimoniales de las obras científicas y literarias, en el numeral c se estipula que las investigaciones creadas por los estudiantes cuando forman parte de sus compromisos académicos con la Institución, como sucede en éste caso, ya que el presente se realizó en la modalidad de trabajo de grado para optar por el título de Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física; adicionalmente en el numeral se especifica que así las investigaciones se realicen gracias a convenios con otras instituciones, como el creado con la Equidad Club Deportivo, para las diferentes valoraciones mediante convenios interinstitucionales, los derechos de autor igualmente le pertenecen a la Universidad Nacional de Colombia(Académico).

También es importante rescatar el artículo 17, donde se acuerda los derechos patrimoniales, de esta manera:

“La Universidad Nacional de Colombia podrá ejercer las facultades exclusivas otorgadas por la titularidad, así, reproducirá y difundirá por cualquier medio conocido o por conocer las obras y creaciones resultado de su actividad académica que considere útiles y de importancia para el beneficio social Colombiano; así mismo se pone en manifiesto los derechos de los autores, en el artículo 18, en donde según la resolución “los autores tienen derecho moral perpetuo, inalienable e irrenunciable a: a) que su nombre o seudónimo y el título de la obra se mencionen en toda utilización que se haga de la misma; b) Oponerse a cualquier modificación, mutilación o deformación de su obra; y c) Modificar la obra antes o después de su publicación, o a retirarla de circulación previa indemnización de perjuicios ocasionado”(Académico).

Por último, en el artículo 19 se estipula que la Universidad Nacional de Colombia puede: a) reproducir las obras o autorizar su reproducción, b) efectuar o autorizar la realización de traducciones, adaptaciones, arreglos o transformaciones de las obras, respetando los derechos morales de los autores, y c) comunicar o autorizar la comunicación de las obras al público por cualquier medio conocido o por conocer

4.4 Población de estudio

En este apartado se presenta el tamaño de la muestra y las características de la población. Adicionalmente, los criterios de inclusión y exclusión

4.4.1 Tamaño de la muestra

- **Sujetos experimentales:** Se seleccionó una muestra de 24 jugadores que comprenden la totalidad de la categoría sub 20 de las fuerzas básicas del Club Deportivo la Equidad Seguros con edades comprendidas entre los 18 y 20 años de edad, sin reportes de lesión, con una trayectoria deportiva mínima de 10 años y que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para la presente investigación.
- **Tamaño de la muestra:** 24 jugadores de la categoría sub-20 de las fuerzas básicas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Donde con un listado se le asignó un código a cada jugador donde al código se le dio un número aleatorio entre el 0 y 1 con el valor del número aleatorio que fue calculado por un computador, se realizó el ordenamiento de menor a mayor para la aleatorización al GC y GII.

4.4.2 Criterios de selección de los participantes

- **Criterios de inclusión**
 1. Que hayan firmado el consentimiento informado (**Anexo A**) para su participación en el proyecto de investigación.

2. Futbolistas, hombres, pertenecientes al Club Deportivo la Equidad Seguros, con edades comprendidas entre los 18 y 20 años de edad, sin ninguna restricción para el ejercicio físico según el reporte médico
3. Futbolistas con trayectoria deportiva mínima de 10 años y que entrenen mínimo 4 días a la semana
4. Sin antecedentes de lesiones musculo esqueléticas de miembros inferiores durante los últimos 6 meses

- **Criterios de exclusión**

1. Lesiones osteomusculares, infecciones, estados febriles, cirugías, entre otras afecciones de salud establecidas por el investigador y el cuerpo médico del equipo que no permitieron que el participante realizara el entrenamiento o que fueran factor de riesgo para presentar alguna lesión.
2. Jugadores que falten a más de 2 sesiones de los protocolos de entrenamiento isoinercial y convencional
3. Que incumplan con los aspectos establecidos en el consentimiento informado sobre realización de entrenamiento adicional al autorizado por los entrenadores y el equipo de investigación.

4.5 Hipótesis de trabajo

Se establecieron dos hipótesis dentro de la presente investigación de acuerdo a las variables de medición del estudio

- **Hipótesis Nula:** No existen Diferencias en la potencia muscular de miembros inferiores entre el GII y GC frente a la evaluación mediante plataforma Axon y Smart Coach System™

- **Hipótesis Alternativa:** Existen diferencias en la potencia muscular de miembros inferiores entre el GII y GC frente a la evaluación mediante Plataforma Axon y Smart Coach™ System

4.6 Variables a analizar

Las variables que se analizaron en la presente investigación son:

- **Variables Independientes:** Entrenamiento Isoinercial y entrenamiento convencional.
- **Variables Dependientes:** Velocidad de despegue, Altura Alcanzada, y Tiempo de vuelo en dos saltos diferentes (squat jump); potencia media concéntrica y potencia media excéntrica
- **Variables Intervinientes:** Edad, Talla, Peso, Historial deportivo

4.7 Definición de variables

Tabla 2. Definición de las variables

	Grupo variable	Nombre variable	Definición operativa	Escala y nivel de medición
Variables independientes	Protocolo de entrenamiento Grupo Experimental (Ejercicio en Kbox)	Potencia Excéntrica y concéntrica	Semana 1-2: Familiarización Semana 3-5, 1 sesión, 3 series, 6 repeticiones Semana 5-7, 2 sesiones, 3 series, 6 repeticiones	8 semanas de entrenamiento

			Semana 8 , 2 sesiones, 4 series, 6 repeticiones.	
	Protocolo de entrenamiento grupo control, ejercicio convencional	Concentrico de cuadriceps e isquiotibial	Ejercicios en Banca de cuádriceps unipodal y de isquiotibiales, máquina de sentadilla Smith y vallas de 30cm y Step Semana 1-2: Familiarización Semana 3-5 , 1 sesion, 3 series, 6 repeticiones Semana 5-7 , 2 sesiones, 3 series, 6 repeticiones Semana 8 , 2 sesiones, 4 series, 6 repeticiones.	8 semanas de entrenamiento
Variables dependientes	Tiempo de vuelo	Total de tiempo alcanzado	Evaluación en Plataforma Axon® a través del squat jump	M/S
	Velocidad de despegue	Velocidad producida	Evaluación en Plataforma Axon® a través del squat jump	M/S
	Altura Alcanzada	Altura alcanzada	Evaluación en Plataforma Axon® a través del squat jump	Cm

	Potencia Media Excéntrica	Unidad de potencia	Evaluación a través del Sistema Smart Coach□	Watts(w)
	Potencia Media Concéntrica	Unidad de potencia	Evaluación a través del Sistema Smart Coach□	Watts(w)
Variables Intervinientes	Variables Antropometricas	Edad	Tarjeta de identificación	18-20 años
		Peso	Tanita	60 a 85kg
		Talla	Dispositivo seca 206	155 a 195 centímetros
		IMC	Formula Peso(kg)/Altura (M) ²	15,0-40,0 Kg/m ²
	Historial deportivo	Años	Años practicando fútbol	Mas de 10 años

Fuente: Elaborado a partir de criterios basados en investigaciones(Lena Norrbrand, Marco Pozzo, & Per A Tesch, 2010; Tous, 2005)

4.8 Procedimientos del estudio

Se dividió el estudio en 7 fases basadas en convocatoria, selección, distribución, evaluación inicial, protocolo de entrenamiento, evaluación final en un periodo de 8 semanas para sacar resultados de las intervenciones y realizar una discusión y unas conclusiones. Estas etapas serán descritas a lo largo de este apartado

4.8.1 Fase I: Convocatoria de los sujetos de estudio

Se realizó una convocatoria a las categorías Sub 20 de las fuerzas básicas del club deportivo la Equidad seguros. Se realizó una reunión informativa con cuerpo técnico, jugadores, departamento médico y administrativo para informar sobre la investigación que se realizó. Se explicaron los objetivos del proyecto, los criterios de inclusión y exclusión (**Ver anexo B**) y la metodología de intervención

4.8.2 Fase II: Selección de sujetos del estudio

En la reunión informativa se realizó la inscripción de los jugadores interesados en la participación del estudio, en la cual se registró la información de los jugadores en una base de datos. Posteriormente, una semana antes del inicio de la investigación se realizó una citación a los jugadores que estaban interesados en la participación en la investigación para aplicar la encuesta de criterios de inclusión y exclusión del estudio, en la cual se determinaron los jugadores que participarían dentro del estudio y se realizó la firma del consentimiento informado.

4.8.3 Fase III: Distribución a los grupos de experimentación

Los jugadores que aceptaron de manera voluntaria participar en la investigación y que cumplieron con los criterios de inclusión fueron asignados de manera aleatoria al grupo intervención isoinercial (GII) y control (GC) por un evaluador externo. Los procedimientos fueron los siguientes

Aleatorización: Esta fue realizada a través del método de asignación de grupos “coordinado negativo” donde se utilizó un listado de jugadores se les asignó un código, posteriormente al código se le asignó un número aleatorio entre 0 y 1 que fue calculado por un computador donde se realizó un ordenamiento de menor a mayor. Los primeros 12 jugadores fueron asignados al GC y los 12 siguientes al GII.

Ocultamiento: No hubo proceso de ocultamiento debido a que las intervenciones fueron diferentes

Cegamiento de evaluación El proceso de cegamiento se realizó en el mismo momento de asignación a los grupos de investigación.

Previo a la primera jornada de evaluaciones, se realiza una sesión de preparación de las pruebas y alistamiento de los equipos. En esta sesión se establecieron los parámetros de evaluación y registro con los diferentes sistemas, se realizó la programación, revisión y ajustes a las máquinas y los sistemas de registro.

Familiarización: Los deportistas recibieron dos semanas antes de la primera evaluación una charla informativa sobre el sistema de valoración y las pruebas que se iban a realizar, además de entrenamientos de los movimientos que se desarrollaron. El objetivo fue dar a conocer a los jugadores la metodología del estudio.

Los deportistas recibieron un documento con un listado de requisitos, recomendaciones y preparación que debían tener en cuenta antes de las pruebas. Adicionalmente, se les realizaron diferentes pruebas en los equipos para adaptarlos y familiarizarlos con el gesto deportivo en el que serían valorados.

Las siguientes son las indicaciones y recomendaciones previas:

- Llegar entre 15 a 30 minutos antes de la cita programada.
- Dormir 6–8 horas el día anterior.
- Asistir a la evaluación inicial con el uniforme del equipo.
- No consumir alimentos una hora antes de la realización de las pruebas.
- No realizar actividad física intensa por lo menos 1 día antes de la realización de la prueba (lo cual fue programada conjuntamente con los entrenadores).
- No consumir sustancias psicoactivas 48 horas antes de la prueba (cafeína, alcohol, drogas).

4.8.4 Fase IV: Evaluación inicial

El grupo de jugadores fue citado en la sede deportiva de la Equidad Seguros para realizar las valoraciones en horas de la mañana.

Se les realizó a los jugadores una anamnesis y se les tomo medidas antropometricas como la talla y el peso. Los procedimientos fueron los siguientes:

- 1 **Calentamiento:** Antes de iniciar las evaluaciones, los participantes realizaron un calentamiento en bicicletas Keiser® dirigido en el gimnasio del club deportivo la Equidad Seguros, por 10 minutos.

Fotografia 1 , Calentamiento



Fuente, propia

Evaluación central: Finalizado el calentamiento, el investigador apoyado de los profesionales del departamento médico del equipo realizaron las evaluaciones con el sistema Smart Coach™ System y Plataforma Axon®

Evaluación Smart Coach™ System: Mediante un test de medidas repetidas, se evaluó la producción de potencia media CON y el trabajo total CON-EXC durante un ejercicio de fuerza en sentadilla en la maquina YOYO equipada con tecnología inercial usando una inercia determinada (kg/m²). Los parámetros de ajuste de la

inercia impuesta a cada sujeto fueron individualizados. El Yoyo está equipado con 3 discos de inercia. Para cada individuo, se realizó una evaluación con el de mayor inercia 0.050kg/m²; cada individuo realizó 3 series de 6 repeticiones con esta inercia, con un descanso de 2 minutos entre cada serie. Los discos de 0.010kg/m² y el de 0,020kg/m² fueron elegidos para el programa de entrenamiento.

Para el uso del Yoyo, la cadera y el pecho se fijaron a la máquina con el chaleco de ajuste. Para la realización de los test se utilizaron los datos tanto de la potencia media de la fase CON como EXC, medidas en Vatios (W), utilizando el SmartCoach™ (SmartCoach™ Elite, Stockholm, Sweden; SC) y su software de análisis.. De igual forma, este equipo proporciona un feedback visual y sonoro en tiempo real y se adapta a cualquier máquina, ya sea de peso libre y en determinadas máquinas de tecnología inercial. Este dispositivo se perfila como una herramienta muy completa para análisis del entrenamiento, Ver fotografía 2.

Evaluación Plataforma Axon®: Se evaluó la potencia con salto vertical, test de Bosco. Esta batería de saltos verticales tiene por objeto valorar las características morfohistológicas (tipos de fibra muscular), funcionales (alturas y potencias mecánicas de salto) y neuromusculares (aprovechamiento de la energía elástica y del reflejo miotático, resistencia a la fatiga) de la musculatura extensora de los miembros inferiores a partir de las alturas obtenidas en distintos tipos de saltos verticales y de la potencia mecánica de algunos de ellos (Bosco et al., 1983; Knuttgen & Komi, 2003). Se eligió el tipo de salto el Squat Jump

El squat Jump es un salto realizado con las dos extremidades inferiores a la vez, previa flexión mantenida de 90° de las rodillas, desde la que se asciende verticalmente sin ningún tipo de contramovimiento o rebote, efectuando un salto vertical máximo. Este protocolo evalúa la fuerza explosiva sin reutilización de energía elástica ni aprovechamiento del reflejo miotático(Bosco, 1999). También ha sido denominado por otros autores como test de fuerza explosiva concéntrica (Rodríguez Facal, 1990; Vélez Blanco, 1992) o test de fuerza máxima dinámica (Bencke et al., 2002; Vittori, 1990). (Ver fotografía 3)

Adicionalmente, al grupo de control se le realizó un test de 1RM convencional con pesos libres en sentadilla Smith, banca de cuádriceps unilateral, banca de isquiotibiales unilateral y hacka para determinar la intensidad de la carga para el entrenamiento de la potencia. Se trabajó entre el 60 y el 100% del 1RM de cada jugador.

Fotografía 2, Evaluación Smart Coach™ System



Fuente Propia

Fotografía 3, Evaluación Plataforma Axon



Fuente Propia

4.8.5 Fase V: Aplicación del protocolo de entrenamiento Isoinercial y Convencional

- **Protocolo grupo intervención:** El diseño del protocolo para el entrenamiento Isoinercial se hizo teniendo en cuenta modelos de investigaciones anteriores (Bobbert et al., 1987; Lena Norrbrand et al., 2010; Tesch, Ekberg, Lindquist, & Trieschmann, 2004; Tous, 2005; Julio Tous-Fajardo et al., 2006). Se estableció un período de 8 semanas para la toma de datos, permitiendo con ello un periodo de al menos 24 horas entre cada sesión de test analizada, de acuerdo (Atkinson & Nevill, 1998; Ferragut et al., 2003), quienes en su revisión afirman que los test de rendimiento físico necesitan más de 24 horas de recuperación cuando se trata de pruebas con medidas repetidas o consecutivas y para no interferir con la competencia durante el fin de semana. Las primeras dos semanas fueron de familiarización y adaptación al entrenamiento y luego se realizó 6 semanas de entrenamiento específico con una frecuencia constante de 2 veces por semana (martes y jueves a las 8 am). Durante las semanas de entrenamiento se hicieron incrementos progresivos en la intensidad, variando la inercia (kg/m²) y el volumen en función de las series y las repeticiones (Ver la tabla 3). El movimiento realizado durante el entrenamiento fue una sentadilla en la cual los participantes empezaban el movimiento con 120° de flexión bilateral de rodillas y acababan en extensión completa (170° -180°). Se realizó un protocolo de estiramientos terminada la sesión. En la última sesión se realizaron nuevamente los test de evaluación inicial para determinar posibles cambios (Ver fotografía 4).

Protocolo grupo control: Este grupo realizó un protocolo de entrenamiento convencional basado en la realización de ejercicios con pesas y de pliometría con contracción netamente concéntricas. Se realizó en la semana 1-2 un periodo de adaptación y familiarización con enfoque en el gesto motor y la calidad de movimiento con una frecuencia de 2 veces por semana a un porcentaje de carga entre el 40 y 50% 1-RM,

semana 3-4 se realizaba entrenamiento dos veces por semana al 50-60% 1-RM, semana 4-5 2 veces por semana al 60-70%-1RM, semana 6-8 2 veces por semana entre el 70-90% 1-RM donde se utilizaron la banca de cuádriceps unipodal y de isquiotibiales marca Forma (Ver fotografía 5), máquina de sentadilla Smith forma (Ver fotografía 6) y prensa de igual marca (Ver fotografía 7) con los respectivos discos (10,15,20kg). Además de vallas de 30cm y Step, (Ver fotografía 8) (Ve anexo D)

Fotografía 4, Protocolo con maquina excentric kBox



Fuente, propia

Fotografía 5, Protocolo con banca de cuádriceps e isquiotibiales



Fuente, Propia

Fotografía 6, Maquina Smith



Fuente, Propia

Fotografía 7, Prensa



Fuente, Propia

Fotografía 8, vallas de 30cm y steps



Fuente propia

El grupo intervención realizó un protocolo que se resume en la tabla 3

Tabla 3, Protocolo grupo intervención isoinercial (GII)

PROTOCOLO MAQUINA KBOX			
SEMANAS	SESIONES POR SEMANA	SERIES Y REPETICIONES	INERCIA
1-2	2	Se realizaron ejercicios de reconocimiento y familiarización con las máquinas, entrenamiento del gesto y calidad de movimiento	
3-5	1	3X6	0.10 Kg/m2
5-	2	3X6	0.20 Kg/m2
8	2	4x6	0.50 Kg/m2

Fuente:(M. de Hoyo et al., 2015)

4.8.6 Fase VI: Evaluación post intervención

Finalizadas las 8 semanas, se realizaron las evaluaciones de las mismas variables determinadas en la línea base para los dos grupos (Experimental y Control). Cada test se realizó bajo las mismas condiciones ambientales que el test inicial para disminuir el riesgo de sesgo de evaluación y bajo las mismas condiciones y recomendaciones. Además, Se hicieron evaluaciones intermedias con plataforma Axon® a la semana 6 y 8 semana. Con el sistema Smart Coach™ solamente se evaluó a la tercera semana y a la octava semana del programa. Se establecieron estos periodos de evaluacion debido a que en este periodo se pueden evidenciar cambios en las variables descritas en el estudio..

4.8.7 Efectos Adversos

No se reportó ningún evento adverso ni el grupo experimental ni control

4.8.8 Recolección de datos finales y análisis estadístico

Posteriormente de las evaluaciones, se almacenaron los datos en una matriz que se utilizaría para iniciar con el proceso de análisis estadístico

4.8.9 Análisis estadístico

Se utilizó el R studio Software. Librería agricolae versión 1.3-1 con funcionalidades para diseño experimental y diseños en bloques completos.

Para todas las pruebas y modelos estadísticos aplicados, el criterio de decisión que se determinó fue una significancia del 95% y un error del 5%

Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

El modelo permite probar si existen diferencias con el análisis de varianza ANOVA en la medición de las variables tenidas en cuenta para medir la potencia de los grupos de entrenamiento y las mediciones efectuadas.

Donde:

- * μ Representa el promedio de todas las observaciones. (μ)
- * τ_i efecto de la medición de cada uno de los grupos de entrenamiento. (τ_i)
- * B_j efecto de la medición en cada una de las aplicaciones de los test
- * ε Representa el error del modelo.
- * y_{ij} Cada una de las observaciones.

Hipótesis a contrastar:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (No existen diferencias en los resultados de la variable que mide la potencia)

vs

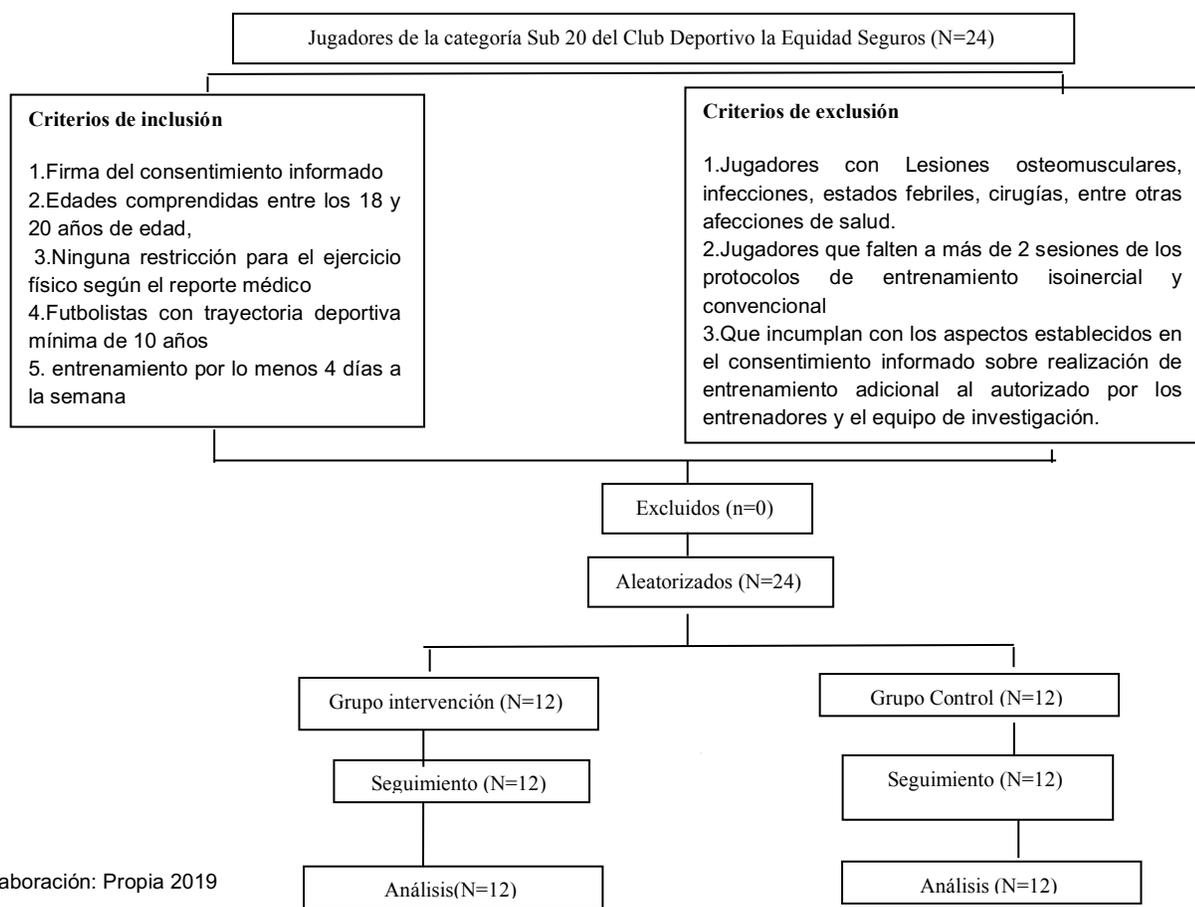
$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ para alguno (Existen diferencias en los resultados de la variable que mide la potencia)

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En este apartado se presentarán los resultados de la presente investigación donde se convocaron 24 jugadores del equipo La Equidad Seguros categoría sub 20, donde todos los participantes cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para el estudio y fueron asignados a los grupos Control (GC, N=12) e Intervención (GII, N=12). En la presente investigación no hubo pérdida en el seguimiento y evaluación de los participantes. A continuación, se presentan los principales resultados de la investigación donde se inicia con la presentación del diseño experimental del estudio en un flujograma de seguimiento (ver figura 8).

5.1 Análisis descriptivo de los participantes

Figura 8, Diseño experimental del estudio



Fuente de elaboración: Propia 2019

A continuación, se presenta las características de edad, peso, talla e IMC del grupo control (GC) y el grupo intervención (GII). Se evidencia que el peso, la talla y por tanto, el Índice de masa corporal de los integrantes del grupo control y el grupo intervención son similares, con solo 1 kg de diferencia en el peso promedio y 2,8 cm de diferencia en la talla promedio. La edad promedio de los jugadores es prácticamente la misma solo con unos meses de diferencia, por ser todos de la misma categoría. Por tal motivo se concluye que el GII y GC son homogéneos entre sí. (Tabla 4: Análisis descriptivo de los participantes). Al realizar la comparación de medias de las variables se evidencia que las diferencias entre grupos no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis descriptivo de los participantes

	Grupo						P Valor
	Control n=12			Intervención n=12			
	Mediana	Media	Desviación típica	Mediana	Media	Desviación típica	
Peso Kg	70,0	69,0	6,7	67,0	68,0	7,6	0,8
Talla Cm	172,0	173,6	7,4	170,3	170,8	7,0	0,9
IMC	22,6	22,9	1,9	23,2	23,3	1,5	0,6
Edad	18	19	1	18	18	1	

IMC: índice de masa corporal

Fuente: propia.

5.2 Análisis de las variables por evaluación, grupo y ANOVA

A continuación, se presentan los resultados de las variables Tiempo de vuelo (TV), altura alcanzada (H) y velocidad de despegue (VD) en el squat Jump (SJ) medidas en tres momentos diferentes en el GII y GC.

5.2.1 Tiempo de vuelo(TV) SJ

En la tabla 5 (Tiempo de vuelo por evaluación) se muestran los promedios de los valores del TV (ms) \pm SD en los momentos 1 (E1), 2 (E2) y 3 (E3) de evaluación para el GII y el GC. En el GC el TV promedio disminuyó en 0,5 Ms entre E1 y E2 y aumentó 12,6 ms de E2 a E3, Para el GII el TV promedio disminuyó en 0,6 ms de E1 a E2 y aumentó 5,1 ms de la E2 a E3. En la E1 hay una diferencia de 0,9 ms en el TV promedio entre el GII y el GC. En la E2 hay una diferencia de 10,8 ms en el TV promedio entre el GII y el GC. En la E3 hay una diferencia de 1,1 ms en el TV promedio entre el GII y el GC. Los cambios descritos anteriormente para cada grupo no fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

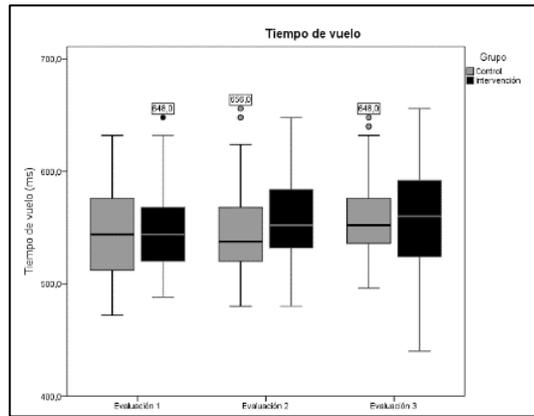
Tabla 5. Tiempo de Vuelo por Evaluación

		Momento de Evaluación								
		E1			E2			E3		
		Tiempo de vuelo (ms)			Tiempo de vuelo (ms)			Tiempo de vuelo (ms)		
		Mediana	Media	Desviación típica	Mediana	Media	Desviación típica	Mediana	Media	Desviación típica
Grupo	Control	544,0	546,1	40,2	537,5	545,6	40,8	552,0	558,2	35,2
	Intervención	544,0	547,0	33,7	552,0	556,4	34,8	560,0	557,1	43,5

Fuente: Propia

En la figura 9 (Box Plot, variable tiempo de vuelo) se muestran las diferencias por evaluación entre el GC Y GII. El GC gráficamente se evidencia homogéneo con algunos valores atípicos en E2 y E3 que no inciden en la distribución de la población por ser tan pocos. El GII gráficamente también se observa uniforme con algunos valores atípicos en E1 que no inciden en la distribución de la población. La E3 muestra que en el GII por debajo del percentil 25 y por encima del percentil 75 se obtuvieron saltos con valores menores y mayores respectivamente en comparación con las demás evaluaciones.

Figura 9, Box Plot Variable tiempo de vuelo



Fuente Propia

En la tabla 6 (Análisis ANOVA tiempo variable tiempo de vuelo) se evidencia que en general no existieron diferencias significativas ($p= 0.3$), entre el GC y el GII. Al realizar la comparación del TV entre evaluaciones de los cambios de GC y GII en conjunto, se encontraron diferencias significativas entre E1 y E3 ($P=0,04$) (tabla 6.). Ambos grupos aumentaron entre 10.1ms y 12.1ms el TV lo cual no tuvo diferencias significativas. En el análisis entre grupos en cada uno de los momentos de evaluación no se evidenciaron diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6, Análisis ANOVA tiempo variable tiempo de vuelo

Anova Tiempo de vuelo					
	Sum Sq	Df	F valor	Pr(>F)	Significativo
Entre Grupos	1365	1	0.9	0.3	
Entre evaluaciones	9189	2	31.6	0.04	*
Entre grupos por evaluación	2965	2	10.1	0.3	
Residuales	619357	426			

* $p<0.05$

	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t)	Significativo
--	----------	------------	---------	----------	---------------

(Intercepto)	5.460.909	46.9	116.3	<2e-16	***
Grupo intervención vs grupo control	0.8	63.7	0.1	0.8	
Evaluación 1 VS Evaluación 2	-0.5	64.9	-0.08	0.9	
Evaluación 2 VS Evaluación 3	121.3	64.9	1.8	0.06	.
Evaluación 2, Grupo control vs Grupo intervención	99.7	90.03	1.1	0.2	
Evaluación 3, Grupo control vs Grupo intervención	-20.07	90.03	-0.2	0.8	

****p<0.001, * p<0.05

Sum Sq: Suma de cuadrados, Df: grados de libertad, F value: valor estadístico de fisher Pr(>F):P valor

Fuente propia

5.2.2 Velocidad de despegue (VD)

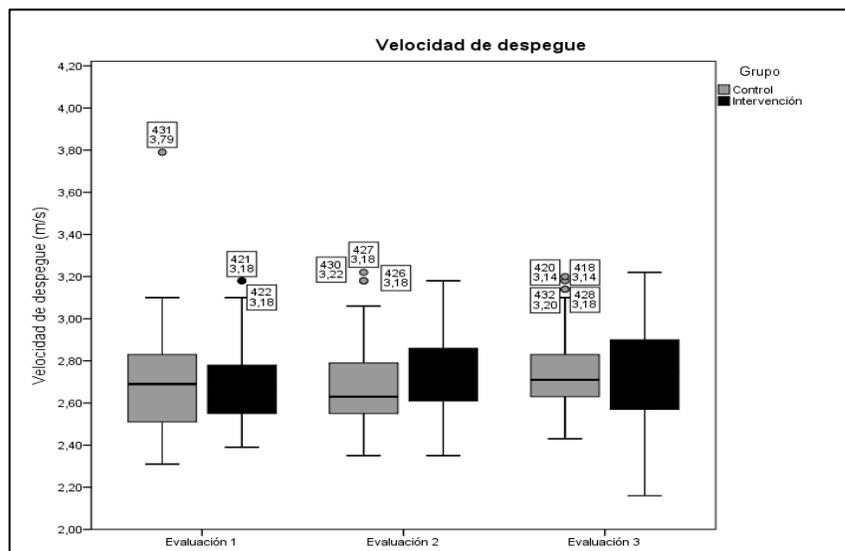
En la tabla 7. Se muestran los promedios de los valores de la variable velocidad de despegue (VD) (ms) \pm SD en los momentos 1 (E1), 2 (E2) y 3 (E3) de evaluación para el GII y el GC. En el grupo control la VD disminuyó en 0,02 ms de E1 a E2 y aumentó 0,07 ms de E2 a E3. En el GII, la VD aumentó en 0,05 ms de E1 a E2 y 0,02 ms de E2 a E3. Tanto en el GC como en el GII se evidenciaron algunos valores atípicos que no inciden en la distribución de la población (Figura 10, Box Plot Velocidad de despegue). Los cambios evidenciados para cada grupo en los diferentes momentos de evaluación no fueron significativos.

Tabla 7. Variable Grupal Velocidad de Despegue por Evaluación

		Evaluación								
		Evaluación 1 (E1)			Evaluación 2 (E2)			Evaluación 3 (E3)		
		Velocidad de despegue (m/s)			Velocidad de despegue (m/s)			Velocidad de despegue (m/s)		
		Media	Mediana	Desviación típica	Media	Mediana	Desviación típica	Media	Mediana	Desviación típica
Grupo	Control	2,70	2,69	,24	2,68	2,63	,20	2,75	2,71	,18
	Intervención	2,68	2,67	,17	2,73	2,71	,17	2,73	2,75	,21

Fuente propia

Figura 10, Box Plot Velocidad de despegue



Fuente propia

No se evidenciaron diferencias significativas entre grupos ($P=0,3$). Ambos grupos aumentaron en conjunto entre 0,02 y 0,08 la VD, los cambios no fueron estadísticamente significativos ($p=0.2$) (Tabla 8, Análisis ANOVA tiempo variable Velocidad de despegue). Tampoco para la diferencia entre grupos por cada evaluación con un ($P=0.3$).

Tabla 8. Análisis ANOVA tiempo variable Velocidad de despegue

ANOVA VELOCIDAD DE DESPEGUE					
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Significativo
Diferencias entre Grupos	1.4	1	0.8	0.3	
Diferencias entre evaluaciones de los dos grupos (en conjunto)	5.0	2	14.0	0.2	
Diferencias entre grupos por cada evaluación	4.0	2	11.3	0.3	
Residuales	759.6	426			

	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t)	Significativo
(Intercepto)	269.6	0.1	16.4	<2e-16	***
Grupo intervención vs grupo control	-0.01	0.2	-0.05	0.9	
Evaluación 1 VS Evaluación 2	-0.01	0.2	-0.08	0.93	
Evaluación 2 VS Evaluación 3	0.4	0.2	1.8	0.06	.
Evaluación 2, Grupo control vs Grupo intervención	0.06	0.3	0.2	0.8	
Evaluación 3, Grupo control vs Grupo intervención	-0.37528	0.31531	-1.190	0.235	

****p<0.001, * p<0.05

Sum Sq: Suma de cuadrados, Df: grados de libertad, F value: valor estadístico de fisher Pr(>F):P valor

Fuente propia

5.2.3 Altura Alcanzada(H)

En la tabla 9. Se observa la Altura Alcanzada (H) por evaluación se muestran los promedios de los valores de H (cm) \pm SD en los momentos 1 (E1), 2 (E2) y 3 (E3) de evaluación para el GII y el GC se concluye que para el GC la H promedio disminuyó en 0,1 cm de la E1 a la E2 y aumentó 1,6 cm de la E2 a la E3, Para el GII la H promedio aumento en 1,3cm de la E1 a la E2 y aumentó 0,2 cm de la E2 a la E3. En la E1 no hay diferencias en H promedio entre el GII y el GC. En la E2 hay una diferencia de 0,4cm en la H promedio entre el GII y el GC. En la E3 hay una diferencia de 0,1 cm en la H promedio entre el GII y el GC.

Tabla 9. Variable grupal Altura Alcanzada por evaluación

		Evaluación Altura Alanzada								
		Evaluación 1(E1)			Evaluación 2(E2)			Evaluación 3(E3)		
		Altura alcanzada (cm)			Altura alcanzada (cm)			Altura alcanzada (cm)		
		Media	Mediana	Desviación típica	Media	Mediana	Desviación típica	Media	Mediana	Desviación típica
Grupo	Control	36,8	36,9	5,4	36,7	35,2	5,6	38,4	37,4	4,9
	Intervención	36,8	36,3	4,7	38,1	37,4	4,8	38,3	38,5	6,0

Fuente, Propia

En la figura 11(Box Plot Variable altura alcanzada) donde, el GC gráficamente se ve homogéneo con algunos valores atípicos en la E2 y E3 que no inciden en la distribución de la población por ser tan pocos, hay saltos de 52,8cm y 51,5cm, el GII gráficamente se observa uniforme con valores atípicos en la primera evaluación, con saltos de 51,5cm y 49cm, la E3 muestra que en el GII por debajo del percentil 25 y por encima del percentil 75 se obtuvieron saltos con valores menores y mayores

respectivamente en comparación con las demás evaluaciones. Se evidencia que en general entre el GC y el GI no existieron diferencias significativas con un ($P=0.3$), al realizar la comparación entre los grupos se encontró que existen diferencias en la H promedio para ambos grupos entre la E1 y la E3 con un ($P=0.04$) (Tabla 10, Análisis ANOVA tiempo variable Altura Alcanzada) Ambos grupos aumentaron entre 0,6cm y 0,7cm la H promedio. La diferencia entre grupos por evaluación no fue estadísticamente significativa con un ($P=0.4$).

Figura 11. Box Plot Altura Alcanzada

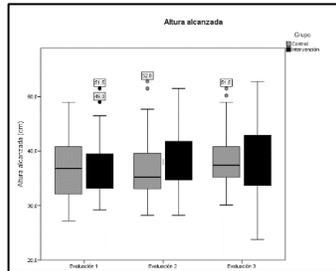


Tabla 10. Análisis ANOVA tiempo variable Altura Alcanzada

Anova Altura alcanzada					
	Sum Sq	Df	F valor	Pr(>F)	Significancia
Entre Grupos	19.7	1	0.7	0.3	
Entre evaluaciones	174.3	2	31.5	0.04	*
Entre grupos por evaluación	46.0	2	0.8	0.4	
Residuales	11762.4	426			
Códigos de significancia : ****p<0.001, * p<0.05					
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t)	significancia
(Intercepto)	3.679.09	0.6	56.8	<2e-16	
Grupo intervención vs grupo control	0.010	0.8	0.01	0.9	
Evaluación 1 VS Evaluación 2	-0.08	0.8	-0.09	0.9	***
Evaluación 2 VS Evaluación 3	157.1	0.8	1.7	0.08	
Evaluación 2, Grupo control vs Grupo intervención	133.8	124.0	1.07	0.2	
Evaluación 3, Grupo control vs Grupo intervención	-0.08	124.0	-0.07	0.9	.
Códigos de significancia : ****p<0.001, * p<0.05					

Fuente propia, Sum Sq: Suma de cuadrados, Df: grados de libertad, F value: valor estadístico de fisher Pr(>F):

5.3 Potencia de miembros inferiores a través del dispositivo Smart Coach □

En este apartado se muestran los resultados de la potencia media concéntrica y excéntrica medida mediante el dispositivo Smart Coach™

5.3.1 Potencia Media concéntrica

En la tabla 11. La variable grupal de la potencia media concéntrica por evaluación se muestran los promedios de los valores de potencia media concéntrica (Watts) \pm SD en los momentos 1 (E1), y 2 (E2) de evaluación para el GII y el GC se concluye que para la E2 hay una diferencia de 31 unidades en la potencia promedio para el GC respecto a E1 y para el GII hay una diferencia de 14,2 unidades en la potencia promedio, respecto a la E1 y la E2.

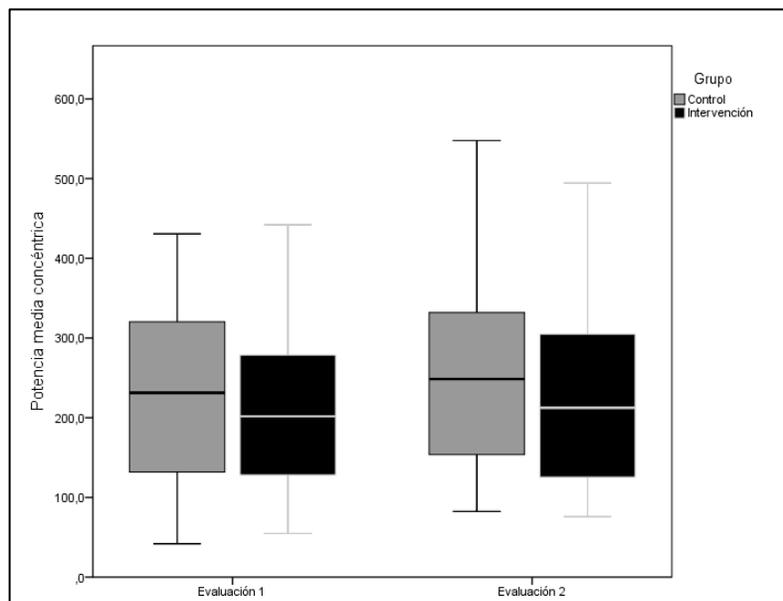
En la figura 12 (Box Plot Variable potencia media concéntrica, el GC gráficamente se ve homogéneo con algunos valores más altos entre el percentil 75 y 100, el grupo Intervención gráficamente se ve homogéneo. Se evidencia que en general entre el GC y el GII las diferencias en la potencia promedio, no son significativas con un p valor de 0.1. Las diferencias en la potencia promedio para ambos grupos entre la E1 y la E2 no son significativas con un p valor de 0.1 esto se puede evidenciar en la (Tabla 12, Análisis ANOVA Potencia media concéntrica)

Tabla 11. Variable grupal potencia media concéntrica por evaluación

		Evaluación					
		Evaluación 1			Evaluación 2		
		Potencia media concéntrica			Potencia media concéntrica		
		Mediana	Media	Desviación típica	Mediana	Media	Desviación típica
Grupo	Control	231,3	222,5	100,9	248,5	253,5	114,0
	Intervención	201,8	209,4	98,6	212,4	223,6	104,1

Fuente propia.

Figura 12, Box Plot Potencia Media concéntrica



Fuente Propia.

Tabla 12, Análisis ANOVA Potencia media concéntrica

Anova Potencia Concéntrica Media					
	Sum Sq	Df	F valor	Pr(>F)	Significativo
Entre Grupos	25939	1	2.3	0.1	
Entre evaluaciones	27419	1	2.5	0.1	
Entre grupos por evaluación	3821	1	0.3	0.5	
Residuales	2324845	212			
Códigos de significancia : ****p<0.001, * p<0.05					
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t)	Significativo
(Intercepto)	160.5	51.3	3.1	0.0	***
Grupo intervención vs grupo control	20.7	73.6	0.2	0.7	
Evaluación 1 VS Evaluación 2	30.9	20.1	1.5	0.1	
Evaluación 2, Grupo control vs Grupo intervención	-16.8	28.5	-0.5	0.5	.
Códigos de significancia : ****p<0.001, * p<0.05					

Sum Sq: suma de cuadrados, Df: grados de libertad, F valor: valor estadístico de Fisher Pr(>F):P valor

Fuente propia

5.3.2 Potencia Media Excéntrica

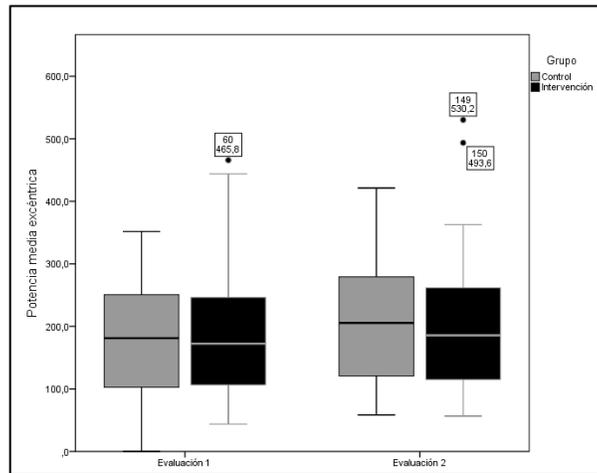
En la tabla 13. Variable grupal de la potencia media excéntrica por evaluación se muestran los promedios de los valores de potencia media excéntrica (Watts) \pm SD en los momentos 1 (E1), y 2 (E2) de evaluación para el GII y el GC se concluye que para la E2 hay una diferencia de 28,6 unidades en la potencia promedio, respecto a la E1 y en la E2 hay una diferencia de 13,7 unidades en la potencia promedio, respecto a la E1. En la figura 13 (Box Plot Variable potencia media excéntrica), el GC parece que se hubiera desplazado un poco en su distribución mostrando valores más altos mínimos y máximos, sin embargo, el percentil 50 está casi a la par lo que da indicios de que posiblemente no existen diferencias significativa, el grupo Intervención parece homogéneo con algunos valores atípicos en las dos evaluaciones. Se evidencia que en general entre el GC y el GII las diferencias en la potencia promedio, no son significativas con un p valor de 0.6. Las diferencias en la potencia promedio para ambos grupos entre la E1 y la E2 no son significativas con un p valor de 0.1 esto se puede evidenciar en la (Tabla 14, Análisis ANOVA Potencia media concéntrica).

Tabla 13. Variable grupal potencia media excéntrica por evaluación

		Evaluación					
		Evaluación 1			Evaluación 2		
		Potencia media excéntrica			Potencia media excéntrica		
		Mediana	Media	Desviación típica	Mediana	Media	Desviación típica
Grupo	Control	181,3	183,0	86,5	205,6	211,6	100,1
	Intervención	172,4	184,7	99,2	185,8	198,4	102,1

Fuente, Propia.

Figura 13, Box Plot Potencia Media Excéntrica



Fuente propia

Tabla 14, Análisis ANOVA Potencia media Excéntrica

Anova Potencia Excéntrica media					
	Sum Sq	Df	F valor	Pr(>F)	Significativo
Entre Grupos	2031	1	0.2	0.6	
Entre evaluaciones	24042	1	2.5	0.1	
Entre grupos por evaluación	2990	1	0.3	0.5	
Residuales	2003661	212			
	Estimado	Std. Error	t valor	Pr(> t)	Significativo
(Intercepto)	125.8	47.7	2.6	0.0	***

Grupo intervención vs grupo control	31.6	68.3	0.4	0.6	
Evaluación 1 VS Evaluación 2	28.5	18.7	1.5	0.1	
Evaluación 2, Grupo control vs Grupo intervención	-14.9	26.5	-0.5	0.5	.

Códigos de significancia : ****p<0.001, * p<0.05

Fuente propia

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

La evaluación, entrenamiento y seguimiento de las variables relacionadas con la potencia muscular de miembros inferiores en los jugadores de fútbol son parte fundamental para la orientación de programas de rehabilitación, entrenamiento y prevención con objetivos medibles y generar indicadores de rendimiento y seguimiento en un equipo profesional de fútbol. Adicionalmente, estas variables permiten tener un control con mayor exactitud del perfil del jugador y generar seguimientos bimestrales, semestrales y anuales.

En este estudio, se evaluó el efecto de un entrenamiento de tipo isoinercial y un entrenamiento convencional de potencia para el fútbol con ejercicios en máquinas isoinerciales y ejercicios pliométricos en jugadores de fútbol de categoría sub 20. Los resultados mostraron que no existe una diferencia significativa entre ambos tipos de entrenamiento.

A pesar que no se encontraron diferencias significativas en los efectos del entrenamiento isoinercial comparado con el convencional, sobre potencia muscular de miembros inferiores, se pudo establecer que el entrenamiento de tipo isoinercial es más eficiente en términos de que se requiere un menor número de ejercicios y tiempo con relación al entrenamiento convencional, para lograr el mismo desarrollo de la potencia muscular. Por ejemplo, el grupo de intervención solo realizó un solo ejercicio con la máquina isoinercial KBox que requería de solo 10 minutos de aplicación con una planificación de entrenamiento específica en comparación con el grupo control que realizó 4 ejercicios con un tiempo de duración de 30 minutos con una planificación determinada. Las variables tiempo de vuelo, velocidad de despegue, altura alcanzada, potencia media concéntrica y potencia media excéntrica mejoraron con una tendencia similar en ambos grupos, pero el entrenamiento isoinercial implicó la ejecución de un menor número de ejercicios y de volumen de entrenamiento tanto por sesión como por semana en comparación con el entrenamiento convencional.

Estudios previos como el de Hoyo en el año 2015, ha demostrado la efectividad del entrenamiento de tipo isoinercial en el aumento de variables cinéticas y cinemáticas relacionadas con el movimiento corporal humano a nivel deportivo como el aumento del tamaño de la fibra muscular, fuerza relacionadas con actividades funcionales del futbolista como aceleración, desaceleración, salto, cambios de dirección, velocidad y agilidad en un periodo de 10 semanas (M. de Hoyo et al., 2015). Suarez en el 2018 comparo los resultados de una investigación realizada donde se demostró que el entrenamiento de tipo sobrecarga excéntrica con ayuda de máquinas isoinerciales mejorara entre 3 y 14% la potencia muscular de miembros inferiores y entre 1 y 2 % la capacidad de aceleración lo cual mejora la capacidad del futbolista para realizar gestos deportivos específicos sometido a cargas físicas internas y externas de manera más adecuada (Suarez-Arrones et al., 2018). En comparación con el estudio actual donde se evidencio que El entrenamiento de tipo isoinercial demostró tener cambios significativos en variables como: tiempo de vuelo aumentando en un periodo de intervención de 8 semanas 10,8 m/s con un $(P=0,04)$, velocidad de despegue aumentando 0,007m/s con un p valor de $(P=0,3)$, altura alcanzada aumentando 0,4cm y las variables relacionadas con el gesto motor funcional del futbolista como la potencia media concéntrica aumentaron en promedio 14,2 unidades y potencia media excéntrica en 28,6 unidades con un $(P=0.04)$.

Otro estudio realizado por De hoyo en el año 2015 demuestra que un entrenamiento de tipo sobrecarga excéntrica demuestra tener resultados en variables como aceleración y desaceleración potencia y salto relacionados en la capacidad de generar fuerza en una menor cantidad de tiempo (De Hoyo et al., 2015). se ha analizado la efectividad del entrenamiento isoinercial en variables relacionadas con fuerza y potencia muscular donde se ha visto el beneficio de este tipo de entrenamiento en la condición física de futbolistas profesionales. Adicionalmente, este entrenamiento conlleva a beneficios como la reducción de lesiones musculares en futbolistas de alto rendimiento. Estos resultados demuestran que con ayuda del entrenamiento excéntrico se pueden potencializar cualidades físicas en este caso la potencia para el desarrollo del perfil físico del futbolista de alto rendimiento .

La medición de la potencia concéntrica y excéntrica es esencial en procesos de entrenamiento, prevención y rehabilitación. Por ejemplo, se ha referenciado que la sobrecarga excéntrica es un factor esencial para la disminución de lesiones musculares de isquiotibiales, aumento de fuerza muscular relacionada con gestos funcionales como aceleración y desaceleración que están relacionadas con la aparición de lesiones musculares(Askling et al., 2003). Adicionalmente, la sobrecarga excéntrica cuando es realizada de una manera controlada puede reducir de forma significativa el riesgo de incidencia de lesiones cada 1000 horas, disminuir los días de ausencia por lesión, incrementar el perfil físico en velocidad, potencia y aceleración del jugador. Esto se traduce en que al realizar un protocolo de entrenamiento excéntrico en un equipo profesional de fútbol se reduce el riesgo de lesiones musculares, permite realizar prevención primaria en el jugador, este tipo de entrenamiento debe ser incluido en circuitos de prevención de lesiones a nivel grupal debido a sus múltiples beneficios, en caso de que existe una lesión si el jugador realizo con anterioridad ejercicios de sobrecarga excéntrica se disminuirán los días de ausencia por lesión lo cual es un factor positivo en competencia (M. de Hoyo et al., 2015). En segunda instancia, desde un perfil de entrenamiento el jugador que realice un programa de sobrecarga excéntrica podrá incrementar su perfil físico desde habilidades como fuerza, potencia, velocidad, aceleración y salto debido a los beneficios a nivel muscular den entrenamiento excéntrico lo cual ayudara al jugador profesional a tener un estado físico óptimo para las competencias lo cual aumenta la posibilidad de consecución de objetivos a nivel individual y grupal del jugador(Suarez-Arrones et al., 2018; J. Tous-Fajardo et al., 2016).

Dentro del trabajo de investigación se realizó la medición de variables mediante la plataforma Axon con el protocolo de evaluación de Bosco mediante el SJ(Squat jump). Para la investigación no se tuvieron en cuenta los datos del countermovementjump debido a que el aumento de la potencia muscular mediada por los reflejos de estiramiento puede ser vista más con el Squat Jump. La diferencia

en el rendimiento deportivo de la potencia muscular está relacionada con la absorción de amplitud en la contracción muscular y su respectiva estimulación, utilización de energía elástica, co activación muscular que están relacionados con la capacidad de absorción de carga por parte tejidos específicos, se aumenta la capacidad de tensión muscular previa al gesto debido a que no se crea una tensión previa sino garantiza una mayor cantidad de tiempo para realizar la estimulación del gesto. Por tal motivo solo se tuvo en cuenta el SJ para la investigación (Van Hooren & Zolotarjova, 2017)

Como se pudo evidenciar a lo largo de la investigación la fuerza es el pilar más importante en el desarrollo físico del deportista de alto rendimiento debido a que este es fundamental para el desarrollo de habilidades compuestas del movimiento corporal humano, por tal motivo el correcto desarrollo y entrenamiento de esta habilidad garantiza tener un jugador mejor preparado para las competencias. La fuerza debe ser trabajada de forma funcional y adaptada al gesto motor del deportista debido a que simulara las acciones reales de juego permitiendo un entrenamiento a condiciones que se pueden presentar en el terreno de juego. Para ejemplificar, el trabajo con elementos funcionales en modalidad sobrecarga excéntrica permite al jugador entrenar gestos motores específicos sometidos a cargas determinadas en situaciones como aceleración, desaceleración, velocidad, salto y potencia (Gonzalo-Skok et al., 2017). El entrenamiento del futbolista de alto rendimiento debe ser realizado de manera funcional simulando situaciones específicas debido a que esta generara un acoplamiento y efecto de acomodación sobre el musculo permitiendo que responda de mejor manera a estímulos externos e internos relacionados con variables físicas y mecánicas (Sabido, Hernandez-Davo, Botella, Navarro, & Tous-Fajardo, 2017).

Se ha empezado a evidenciar los beneficios del entrenamiento excéntrico a través de dispositivos isoinerciales donde el punto de partida debe estar en combinar la experiencia con la evidencia en la creación de protocolos de entrenamiento que sean aplicados para diversos tipos de población y que sea estandarizado para

comenzar a realizar investigaciones en diferentes áreas. Este proceso debe ser llevado por líderes mundiales en el área del deporte donde se pueda establecer el ejercicio isoinercial como el pilar en entrenamiento de fuerza en futbol profesional (Brukner, Nealon, Morgan, Burgess, & Dunn, 2014).

La evaluación de la fuerza en el futbol de alto rendimiento debe ser un factor determinante en los procesos de prevención, entrenamiento y rehabilitación debido a que esta es la base para el desarrollo de habilidades compuestas. Esta evaluación se debe realizar de forma cuantitativa y obtener los datos que permitan desarrollar indicadores de seguimiento y rendimiento en el deportista. Para dicho motivo, se pudo determinar que el Sistema Smart Coach es un sistema que debe ser utilizado para la evaluación de la fuerza excéntrica en futbolistas de alto rendimiento (Aranda & Gonzalo, 2016), este sistema permite tener un control de la carga de la fuerza en procesos de entrenamiento y rehabilitación lo cual permite generar indicadores de rendimiento y crear perfiles de fuerza en equipos de futbol de alto rendimiento con el fin de que la plantilla tenga un perfil de fuerza específico en musculatura específica con el fin de reducir las posibilidades de lesión, incrementar su perfil muscular y aumentar sus capacidades físicas. El sistema Smart Coach™ permite tener un control objetivo y crear perfiles de seguimiento por jugador lo que se traduce en un mayor control del entrenamiento del jugador y generar datos estadísticos para el desarrollo de protocolos de entrenamiento de la fuerza y estandarizar entrenamientos con objetivos específicos (Aranda & Gonzalo, 2016). La generación de datos permite a los profesionales como entrenadores y fisioterapeutas controlar procesos de entrenamiento y rehabilitación de manera objetiva establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo. La evaluación debe ser un proceso riguroso que se realice con el fin de tener un seguimiento y poder establecer metas que puedan ser cumplidas dentro de un tiempo específico, con la Evaluación se garantiza que el proceso de rehabilitación y entrenamiento se está cumpliendo de manera adecuada (Aranda & Gonzalo, 2016)

Algunas limitaciones del estudio estuvieron relacionadas con el alcance y tiempo del estudio debido a que se debe tener un control total sobre las variables que se deben medir en el entrenamiento excéntrico. De igual manera, otra limitación fue la cantidad de la población debido a que son muy pocos los jugadores que entienden la importancia del cuidado corporal y del trabajo de elementos del movimiento corporal humano como base del desarrollo físico y potencialización de cualidades físicas que los llevaran a ser mejores jugadores. El desarrollo del jugador de fútbol de alto rendimiento debe ser en todas las esferas del rendimiento tanto a nivel físico, táctico, técnico y psicológico, otra limitación fue el desconocimiento por parte de los jugadores sobre las maquinas isoinerciales, otra limitación fue la temporada de medición debido a que fue en donde el equipo se encontraba en competencias, otra limitación fue que no existen protocolos estandarizados de evaluación con tecnología isoinercial.

Se debe realizar más investigación sobre la tecnología isoinercial por parte de fisioterapeutas a nivel nacional e internacional con el fin de construir conocimiento, crear protocolos de medición y estandarización debido a que se han enunciado los diversos beneficios del entrenamiento isoinercial, pero a falta de investigación en el área no se ha podido establecer como un pilar en los procesos de prevención, intervención y rehabilitación a nivel deportivo. Por tal motivo, los procesos investigativos deben ser una de las prioridades en los equipos de fútbol de alto rendimiento debido a que el desarrollo de investigación permite generar protocolos que pueden ser implementados en el mundo, generan empoderamiento y visibilidad a nivel mundial. Adicionalmente, si se realiza más investigación sobre este tipo de tecnología detección de talento deportivo, detección de lesiones, fatiga neuromuscular, déficit de fuerza que es un determinante en la reducción de lesiones musculares en un equipo de alto rendimiento.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El estudio se basó en criterios metodológicos claros y confiables para la obtención de resultados que pueden ser utilizados para la toma de decisiones con respecto a temas de prevención, rehabilitación y entrenamiento deportivo en fútbol de alto rendimiento

Aunque los resultados de este estudio no pueden ser generalizados debido a las limitaciones en el tamaño de la muestra los hallazgos en el estudio permiten evidenciar que:

- El entrenamiento de tipo isoinercial demostró tener cambios significativos en variables como: tiempo de vuelo aumentando en un periodo de intervención de 8 semanas 10,8 m/s con un $(P=0,04)$, velocidad de despegue aumentando 0,007m/s con un p valor de $(P=0,3)$, altura alcanzada aumentando 0,4cm con un un
- Las variables relacionadas con el gesto motor funcional del futbolista como la potencia media concéntrica aumentaron en promedio 14,2 unidades y potencia media excéntrica en 28,6 unidades con un $(P=0.04)$. medidas a través del sistema Smart Coach en watts. Estos resultados evidenciaron que si aumenta la relación entre la potencia concéntrica y excéntrica mejora la relación de la potencia muscular para actividades funcionales del futbolista tales como aceleración, desaceleración, velocidad y cambios de dirección.
- Aunque no existieron diferencias estadísticas significativas entre los grupos el entrenamiento de tipo isoinercial demuestra ser más efectivo relacionado con el número de ejercicios y cantidad de tiempo utilizado para la realización del protocolo lo cual permite realizar programas de prevención y

entrenamiento grupal e individual específicos con ejercicios propios y que sean desarrollados en una menor cantidad de tiempo que den resultados significativos.

- El aumento en variables tales como tiempo de vuelo, altura alcanzada, velocidad de despegue, potencia media concéntrica y potencia media excéntrica permiten que el futbolista desarrolle actividades funcionales con mayor potencia y fuerza muscular previniendo lesiones musculares y aumentando el rendimiento deportivo.
- Los resultados apoyan el uso de la tecnología isoinercial como método de entrenamiento de la potencia muscular relacionada a entrenamiento, prevención y rehabilitación mediante la implementación de protocolos estandarizados que puedan ser medidos mediante sistemas cuantificables como el Smartcoach System que permitan la evaluación objetiva de la potencia muscular.

7.2 Limitaciones

- La principal limitación del estudio fue el tamaño de la muestra debido a que no permite un análisis estadístico más profundo sobre la efectividad del entrenamiento isoinercial en futbolistas. Adicionalmente, la muestra no es lo suficientemente grande para establecer resultados de mayor impacto.
- Debido a que solo se cuenta con un dispositivo de medición SmartCoach™ y una plataforma, los tiempos prolongados de las evaluaciones resultaron un factor limitante ya que los jugadores se encontraban en horario de entrenamiento.
- El desconocimiento de las maquinas por parte de los jugadores es otra limitante debido a que son máquinas nuevas para su utilización se requiere un mayor periodo de familiarización a las máquinas para lograr una adaptación a las mismas.

- El tiempo de entrenamiento fue otra limitante debido a que se debe realizar un mayor periodo de seguimiento para determinar que los resultados sean de mayor impacto.
- La temporada de medición fue otro factor limitante debido a que el periodo de evaluación estuvo en el mismo tiempo donde los jugadores tenían mayor competencia en torneos nacionales.
- Otra limitante fue que no se cuenta con protocolos estandarizados para la medición con tecnología isoinercial que permiten desarrollar mejores criterios a la hora del proceso de evaluación.

7.3 Recomendaciones

- Realizar más investigaciones en jugadores colombianos para determinar el efecto del entrenamiento de tipo isoinercial en deportistas colombianos.
- Crear protocolos de intervención estandarizados de fuerza isoinercial debido a que en la literatura demuestra ser efectivo en la reducción de lesiones y aumento del rendimiento físico del futbolista
- Incentivar la investigación por parte de los fisioterapeutas debido a que son línea directa en el proceso de rehabilitación de deportistas.
- Publicar este tipo de investigaciones sería de gran importancia ya que se podría comparar realmente la validez del estudio con otras poblaciones.

CAPÍTULO 8. ANEXOS

ANEXO A CONSENTIMIENTO INFORMADO

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para los jugadores del Club Deportivo la Equidad Seguros categoría sub 20 que participaran en el proyecto

Efecto de un programa de entrenamiento isoinercial sobre la potencia muscular en jugadores de futbol categoría sub 20 del Club La Equidad Seguros

Investigadores Principales: David Felipe del Castillo Londoño, Érica Mabel Mancera Soto.

Grupo de Investigación Kinesiología Salud y Desarrollo

Universidad Nacional de Colombia

Este documento de consentimiento informado tiene dos partes: I. Información y II. Formulario de consentimiento

Se le enviará una copia escaneada de este documento completo firmado a su correo electrónico.

PARTE I. Información

Éste es un documento llamado Consentimiento Informado, en el que ustedes aceptan participar en el estudio y nosotros como Grupo de Investigación, conformado por profesionales de las áreas de fisioterapia deportiva, nos comprometemos a garantizar las condiciones descritas en detalle a continuación.

OBJETIVO

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento isoinercial (máquina para trabajar potencia muscular) de 8 semanas de duración sobre la potencia muscular de miembros inferiores de jugadores de fútbol categoría sub 20 del Club Deportivo La Equidad Seguros

Justificación

Dada la naturaleza altamente dinámica de los movimientos de fútbol, hay una necesidad de introducir métodos más desafiantes de entrenamiento para mejorar la eficiencia en situaciones reales de juego. Por lo tanto, el trabajo con estas máquinas en miembros inferiores generará cambios en la potencia muscular, que parecen llevar a una mejoría del rendimiento deportivo.

La rápida evolución de los tipos de entrenamiento y de los nuevos métodos para desarrollar las cualidades físicas relacionadas con la potencia utilizada tanto para competencias, como en rehabilitación deportiva y prevención de lesiones, nos obliga a estar en continua actualización, generar investigación y validar si lo que se ofrece en tecnologías y nuevas tendencias.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

En el estudio participaran jugadores de la categoría sub 20 del Club Deportivo la Equidad Seguros, que se encuentren entre los 18 y 20 años que cumplan con las condiciones requeridas para la segura participación en esta investigación. Se realizarán una serie de evaluaciones de la potencia muscular con unas máquinas específicas de fuerza y una medición del salto en una plataforma desarrollada para ello.

Estas evaluaciones se realizarán en las instalaciones del Club Deportivo La Equidad Seguros, y harán parte del entrenamiento durante 8 semanas los investigadores determinarán los horarios con la autorización del cuerpo técnico de la categoría. Los jugadores inicialmente estarán en un proceso de adaptación al tipo de entrenamiento durante dos semanas para ejecutar la técnica adecuada en el gesto

específico, después de este procedimiento iniciara el proceso de evaluación y la exposición a entrenamiento durante 6 semanas. Los jugadores asistirán a 8 semanas donde realizarán los mencionado a continuación:

Procedimientos del estudio.

1. Firma del consentimiento informado.
2. Recolección de los datos personales. Nombre, edad, lugar de nacimiento, talla, peso, posición, tiempo que lleva en el deporte entre otros.).
3. Se realizará un calentamiento específico con una duración de 12 minutos, en donde se utilizarán los gestos a evaluar.
4. Para la determinación de la potencia muscular, se realizará un test de bosco en una plataforma de salto donde se medirá el tiempo de vuelo y la distancia recorrida en el salto.
5. Posteriormente se dará inicio a la prueba de potencia en la maquina isocinercial YOYO en donde realizaran 7 sentadillas con esfuerzo máximo. Con el fin de determinar el pico de potencia máxima en la ejecución de este movimiento. Las especificaciones del movimiento serán explicadas durante la prueba.
6. La medición de la potencia en el gesto de pateo se llevará a cabo en una polea cónica en donde realizará 7 gestos de pateo con una carga máxima. Esto permitirá tener los datos del movimiento en un gesto deportivo real.
7. Finalizara cada sesión con estiramientos que permitan disminuir los dolores musculares de origen tardío y la fatiga muscular generada mientras se adapta al entrenamiento.
8. Los datos serán analizados en un software específico para medición de potencia y serán dados a conocer a los participantes y entrenadores

BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN

La medición y registro de la potencia pueden ser herramientas interesantes para optimizar el rendimiento y evaluar la fuerza y los objetivos que tiene en el entrenamiento, los jugadores tendrán una medida que les ayude a determinar sus características en esta cualidad aplicada al gesto deportivo específico, además estas máquinas también son utilizadas en la prevención de lesiones en especial las musculares.

MOLESTIAS Y RIESGOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN

Esta es una investigación de riesgo mínimo. Durante la realización de cualquier actividad física puede producirse ciertos riesgos, aunque la incidencia de los mismos es muy baja (menor al 0.1%). Entre estos riesgos está respuestas anormales al esfuerzo y al ejercicio, será la aparición del dolor muscular de origen tardío que se presenta mientras se da una adaptación del jugador al tipo de entrenamiento en este caso se harán unos estiramientos específicos que ayudarán a minimizar este riesgo. Además, se contará con personal entrenado disponible para hacer frente a estas situaciones en el caso de que se produzcan.

PARTICIPACIÓN / RETIRADA VOLUNTARIA DEL ESTUDIO

La participación es voluntaria y en el caso de que se decida suspender, no va a suponer ningún tipo de penalización. Así mismo, los voluntarios podrán ser retirados del estudio, sin su consentimiento, si el investigador lo considera, se consignará detalladamente la causa.

PREGUNTAS E INFORMACIÓN

Cualquier nueva información referente a las pruebas realizadas, que se descubra mientras dure la participación, será debidamente explicada. En caso de dudas sobre el estudio podrá contactar con el investigador David Felipe del Castillo Londoño datillo@hotmail.com. Teléfono celular: 3155942756

CONFIDENCIALIDAD Y PRIVACIDAD

Los resultados de las mediciones se manejarán con la más estricta garantía de confidencialidad, y se dedicarán exclusivamente al estudio de los parámetros establecidos.

La información, los datos y resultados obtenidos del estudio, serán utilizados para la presente investigación y así mismo, si usted lo autoriza, para proyectos futuros de investigaciones. En todo momento se protegerá la identidad de los participantes. Así mismo a estos datos tendrán acceso exclusivo los investigadores del estudio.

He leído y comprendido este documento y no tengo ninguna duda con respecto a su contenido, puesto que he tenido la oportunidad de preguntar y ser debidamente informado. Y consiento voluntariamente autorizar mi participación además de saber que puedo retirarme de la investigación en cualquier momento.

Yo _____ (nombre del jugador) acepto participación de en el estudio.

Firma: _____ Correo Electrónico:

Fecha _____ Teléfono:

Testigo

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Investigador

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

ANEXO B. ENCUESTA CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Nombre			
Fecha de nacimiento			
PREGUNTAS	SÍ	NO	
1. ¿Ha practicado usted el futbol hace 4 años o más?			
2. ¿Entrena 3 veces o más en la semana?			
3. ¿Ha presentado alguna lesión en la musculatura de miembros inferiores en el último año?			
4. ¿Ha presentado alguna enfermedad que le incapacite o interfiera con su entrenamiento? Si su respuesta es Sí ¿cuál?.....			
5. ¿Presenta contraindicaciones para la realización de ejercicio físico de fuerza?			

ANEXO C. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO ISOINERCIAL

PLANIFICACION
PROGRAMA DE FUERZA
K-BOX

SEMANA 1	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
OBJETIVOS:	TECNICA	FLEXIBILIDAD	TECNICA	FLEXIBILIDAD
1. ADAPTACION	DE LA SENTADILLA	DINAMICA	DE LA SENTADILLA	DINAMICA
AL ELEMENTO Y ADAPTACION A LA FUERZA	0.10 KG	ISQUIOS Y CUADRICEPS	0.10 KG	ISQUIOS Y CUADRICEPS
2. TECNICA GENERAL	INERCIA MINIMA		INERCIA MINIMA	
CONOCER	2 X 8 REPT		3 X 8 REPT	
EL ELEMENTO	INTENSIDAD		INTENSIDAD	
Y CUALES SON LOS	3:03		3:03	
SEMANA 2	EVALUACION	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD	SENTADILLA
OBJETIVOS:	DE LA FUERZA	0.20 KG	DINAMICA	0.20 KG
REALIZACION	0.20 KG INERCIA MEDIA	INERCIA MEDIA	ISQUIOS Y CUADRICEPS	INERCIA MEDIA
DE LA EVALUACION DE LA FUERZA E INICIO DEL PLAN DE DESARROLLO		3 X 8 MIN		3 X 8 MIN
		INTENSIDAD		INTENSIDAD
		2:02		2:02
SEMANA 3	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD	SENTADILLA	
OBJETIVO: DESARROLLO	0.10 KG	DINAMICA	0.10 KG	
DEL PLAN	INERCIA MINIMA	ISQUIOS Y CUADRICEPS	INERCIA MINIMA	

EJERCICIOS				
RESISTENCIA A LA FUERZA	3 X 10 REPT		3 X 10 REPT	
	INTENSIDAD		INTENSIDAD	
	1:01		1:01	
SEMANA 4	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD
Sistema de desarrollo muscular	0.50 KG	DINAMICA	0.50 KG	DINAMICA
	INERCIA MAXIMA	ISQUIOS Y CUADRICEPS	INERCIA MAXIMA	ISQUIOS Y CUADRICEPS
	3 X 6 REPT		3 X 8 REPT	
	INTENSIDAD		INTENSIDAD	
	2:02		2:02	
SEMANA 5	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD
SEMANA DE CHOQUE POTENCIA MUSCULAR	0.50 KG	DINAMICA	0.50 KG	DINAMICA
	INERCIA MAXIMA	ISQUIOS Y CUADRICEPS	INERCIA MAXIMA	ISQUIOS Y CUADRICEPS
	3 X 8 REPT		3 X 10 REPT	
	INTENSIDAD		INTENSIDAD	
	1:01		1:01	
SEMANA 6	SENTADILLA	FLEXIBILIDAD	EVALUACION	
SUPERCOMPENSACION	0.20 KG	DINAMICA	DE LA FUERZA	
Y EVALUACION CONTROL	INERCIA MEDIA	ISQUIOS Y CUADRICEPS	INERCIA MAXIMA	
	3 X 8 REPT			
	INTENSIDAD			
	2:02			

ANEXO D. PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO CONVENCIONAL

SEMANA 1 Y 2	SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6			SEMANA 7		SEMANA 8		
	DIA 1	DIA 2	DIA 2	DIA 1	DIA 2	DIA 1	DIA 2							
Familiarizacion, entrenamiento del gesto motor, entrenamiento e la calidad del movimiento														
	12	12	12	10	10	4	10		8	8		8	10	8
	50	50	60	60	60	80	60		60	80		80	80	60
	15	15	10	8	8	8	12		8	6		6	6	8
	50	50	60	70	70	50	70		80	90		90	90	80
	12	12	15	10	6	4	8		2	6		6	6	6
	60	60	60	60	70	80	60		90	80		80	80	90
								4		4			4	4
								80		90			90	90

CAPÍTULO 10. GLOSARIO

- **Contracción isométrica:** Se define como un tipo de contracción donde el musculo permanece en una tensión constante donde no existe alargamiento ni acortamiento(Mitchell et al., 2016)
- **Contracción concéntrica:** Se define como un tipo de contracción donde el musculo tiene la capacidad de superar la resistencia y produce acortamiento muscular(Moreira & Luciano, 2017)
- **Contracción excéntrica:** Se define como un tipo de contracción que produce una menor tensión sobre el musculo debido a que la resistencia externa es mejor produciendo que el alargamiento muscular(Moreira & Luciano, 2017)
- **Sobrecarga excéntrica:** Es una contracción excéntrica con mayores niveles de carga en comparación con otros tipos de contracción(González, Suárez-Arrones, Bretones, & de Villarreal, 2018)
- **Tecnología isoinercial:** Dispositivos que ofrecen una resistencia independiente a la gravedad a través de una fuerza física conocida como inercia a través de un volante de resistencia, esta carga puede ser modificada produciendo aumento en los niveles de potencia muscular(Sánchez-Delgado, 2017)..
- **Fuerza:** Capacidad para alterar el estado de movimiento de un cuerpo(Pancorbo, 2008)
- **Potencia:** Se define como la Cantidad de trabajo que se efectúa en un tiempo determinado(Gavilanes, Fabricio, Henao, & Fernanda, 2014)
- **Aceleración:** Se define como es la rapidez en el cambio de velocidad en una unidad de tiempo que puede modificarse según la magnitud y dirección(Resnick, Halliday, & Krane, 2004)
- **Masa:** Se define como la cantidad de materia de un cuerpo relacionada como una medida de magnitud(Resnick et al., 2004)
- **Momento de inercia:** Es una magnitud vectorial relacionada con los ejes y la inercia de un cuerpo(Medina Guzmán, 2013)

- **DOMS:** Se define como respuesta inflamatoria tardía como reacción para la reparación del daño producido por las rupturas de los sarcomeras de actina y miosina, así como los filamentos intermedios de titina y nebulina, y a su vez se da la síntesis de sustancias reparadoras con lo que se deriva el material hacia el espacio extracelular, que junto con la reacción inflamatoria asociada, activan los receptores de dolor(McHugh, 2003; Paulsen et al., 2010)
- **Squat Jump (SJ):** Prueba que se realiza sin ayuda de los miembros superiores que permite valorar la fuerza explosiva de miembros inferiores(Villa & García-López, 2003)
- **Counter Movement Jump (CMJ):** Prueba que se realiza para medir la la fuerza explosiva y elástica de miembros inferiores(Villa & García-López, 2003)
- **Drop Jump (DJ):** Test que permite valorar la fuerza reactiva de miembros inferiores, esta se efectua mediante caída desde un banco y salto vertical(Villa & García-López, 2003)
- **Abalakov:** Se define como una prueba que determina la altura en centímetros del salto en contramovimiento con la ayuda de los miembros superiores(Ríos, Ríos, & Padial, 2000)
- **Repeat Jump (RJ):** Método para medir la resistencia muscular de los músculos extensores de miembros inferiores en una cantidad de repeticiones determinadas(Hespanhol, Neto, Gonçalves, Arruda, & Dini, 2007)
- **Fatiga:** Se define como la incapacidad del musculo de generar fuerza a una intensidad de ejercicio físico determinada generado por diversos factores(Gómez-Campos, Cossio-Bolaños, Brousett Minaya, & Hochmuller-Fogaca, 2010).
- **Pliometria:** Se define como un tipo de entrenamiento cuyo objetivo es aumentar la fuerza de miembros inferiores con diferentes tipos de estímulo(Cometti, 1998)
- **Potencia de arranque:** Capacidad del musculo para generar una contracción muscular máxima a una velocidad lineal con relación al tiempo(T. Bompa, 2003)

- **Potencia de aceleración:** Capacidad de generar una mayor cantidad de fuerza por unidad de tiempo en un gesto motor específico(T. Bompa, 2003)
- **Potencia desaceleración:** Se define como la capacidad de realizar cambios de dirección en relación a la velocidad del cuerpo en movimiento(T. Bompa, 2003).
- **Potencia de despegue:** Se define como la relación de la fuerza vertical con la altura en un salto (T. Bompa, 2003)
- **Ciclo estiramiento acortamiento:** Relación entre una contracción concéntrica la cual produce más fuerza y potencia muscular, cuando es precedida por una contracción excéntrica(Cometti, 1998)
- **Test de bosco:** Se define como el conjunto de pruebas que tienen como objetivo valorar las características funcionales y neuromusculares de los miembros inferiores(García-López, Vicente, Rábago, & Pascual, 2001)
- **Fuerza elástica explosiva:** Este término hace referencia al resultado de una acción en la que el sujeto realiza un ciclo estiramiento- acortamiento (CEA) intenso o a alta velocidad. El resultado de la acción depende en parte de la fuerza elástica que se ha generado en la fase excéntrica del CEA(Juan José González-Badillo & Ribas, 2002)
- **Reflejo miotático:** Se define como la relación directamente proporcional a la velocidad con la que el músculo es estirado; durante la contracción concéntrica la orden proviene del sistema nervioso central(García López, Herrero Alonso, & Fernández, 2003)
- **Tiempo de vuelo:** Se define como una variable que puede ser obtenida mediante plataformas de contacto y fuerza que permite la medición de fuerza(GARCÍA-LÓPEZ, Peleteiro, RODRIGUEZ-MARROYO, Morante, & Villa, 2003)
- **Altura alcanzada:** Es una variable relacionada con el centro de gravedad en una prueba de salto vertical(Palao, Saenz, & Ureña, 2001)
- **Velocidad de despegue :** Relación entre la variable velocidad y gravedad en relación a la desaceleración(GARCÍA-LÓPEZ et al., 2003).

Referencias

- Académico, C. Universidad Nacional de Colombia. Acuerdo 035 de 2003. *Acta*(8), 3.
- Alexandre, D., Da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.
- Andrade, D. C., Henriquez-Olguín, C., Beltrán, A. R., Ramírez, M. A., Labarca, C., Cornejo, M., . . . Ramírez-Campillo, R. (2015). Effects of general, specific and combined warm-up on explosive muscular performance. *Biol Sport*, 32(2), 123-128. doi:10.5604/20831862.1140426
- Aranda, L. M. M., & Gonzalo, R. F. (2016). Comparación de dos dispositivos de medición de potencia y trabajo durante ejercicio de fuerza con tecnología inercial flywheel. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(29), 144-148.
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(4), 244-250.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
- 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., & Jiménez Reyes, P. (2014). Entrenamiento de Fuerza: nuevas perspectivas metodológicas. In: España: Carlos Balsalobre-Fernández.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Sækmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12(3), 171-178.
- Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*.
- Bobbert, M. F., Huijting, P. A., & van Ingen Schenau, G. (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 19(4), 332-338.
- Bompa, T. (2003). Entrenamiento de la Potencia para el Fútbol. *Extraído el*, 30.
- Bompa, T. O. (1983). Theory and methodology of training. *Dubuque, IA: Kendall/Hunt*, 91-97.

- Bosco, C. (1999). *Strenght Assessment with the Bosco's Test*: Italian Society of Sport Science.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273-282.
- Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Los Arcos, A., & Cronin, J. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 11(2), 50-55.
- Brukner, P., Nealon, A., Morgan, C., Burgess, D., & Dunn, A. (2014). Recurrent hamstring muscle injury: applying the limited evidence in the professional football setting with a seven-point programme. *Br J Sports Med*, 48(11), 929-938. doi:10.1136/bjsports-2012-091400
- Carrere, M. T. A. (2010). Biomecánica clínica. Fuerza, trabajo y potencia muscular. *REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 2(3).
- Chiu, L. Z., & Salem, G. J. (2006). Comparison of joint kinetics during free weight and flywheel resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 20(3), 555.
- Coldeportes. (2015). *Lineamientos de política pública en ciencias del deporte*. Bogotá DC: COLDEPORTES
- Colliander, E., & Tesch, P. (1990). Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 140(1), 31-39.
- Cometti, G. (1998). *La pliometría*: Inde.
- Contreras, M. C. F., & Valenzuela, A. V. (2007). Comparación de dos Programas de Entrenamiento de la Fuerza por Contraste para la Mejora de la Altura Máxima del Salto Vertical con Contramovimiento y Ayuda de los Brazos en Jugadoras de Balonmano de Elite Nacional. *Revista de Ciencias del Ejercicio-FOD*, 3(1), 1-11.
- Cortabitarte, I. C. (2016). Beneficios del entrenamiento de la fuerza en Educación Primaria. *Magister*, 28(2), 94-101.
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2015). Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: lunge and YoYo squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 647-655.
- De Hoyo, M., De La Torre, A., Pradas, F., Sanudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., . . . Gonzalo-Skok, O. (2015). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International journal of sports medicine*, 36(04), 308-314.
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Dominguez-Cobo, S., & Moran-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46-52. doi:10.1123/ijsp.2013-0547
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., . . . Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric

- overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of sports sciences*, 34(14), 1380-1387.
- Diallo, O., Dore, E., Duche, P., & Van Praagh, E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(3), 342.
- Dietz, V., Schmidtbleicher, D., & Noth, J. (1979). Neuronal mechanisms of human locomotion. *Journal of Neurophysiology*, 42(5), 1212-1222.
- Doan, B. K., Newton, R. U., Marsit, J. L., Triplett-mcbride, N. T., Koziris, L. P., Fry, A. C., & Kraemer, W. J. (2002). Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 9-13.
- Doss, W. S., & Karpovich, P. V. (1965). A comparison of concentric, eccentric, and isometric strength of elbow flexors. *Journal of Applied Physiology*, 20(2), 351-353.
- Duchateau, J., & Baudry, S. (2013). Insights into the neural control of eccentric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1418-1425.
- Dudley, G. A., Tesch, P., Miller, B., & Buchanan, P. (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviation, space, and environmental medicine*, 62(6), 543-550.
- Ehlenz, H. (1990). Grosser M. Zimmermann E. *Entrenamiento de la fuerza. Barcelona: Martínez Roca*, 16.
- Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of applied physiology*, 81(6), 2339-2346.
- Fajardo, J. T. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación: Julio Tous Fajardo*.
- Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R., Alvarez-Alvarez, L., & de Paz, J. A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *European journal of applied physiology*, 114(5), 1075-1084.
- Ferragut, C., Cortadellas, J., Arteaga-Ortiz, R., & Calbet, J. A. (2003). Predicción de la altura de salto vertical. Importancia del impulso mecánico y de la masa muscular de las extremidades inferiores.
- Fiol, C. F., & Calbet, J. A. L. (1998). Mecanismos responsables de la potenciación de la contracción muscular concéntrica en el curso del ciclo estiramiento-acortamiento. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 12(2), 5-8.
- Gamez Araguez, F. (2017). Efectos del Entrenamiento Isoinercial en la Prevención y Recuperación de Lesiones Músculo-Tendinosas.
- García López, D., Herrero Alonso, J., & Fernández, P. (2003). Metodología del entrenamiento pliométrico.
- García Ramos, F., & Peña López, J. (2016). Efectos de 8 semanas de entrenamiento pliométrico y entrenamiento resistido mediante trineo en el rendimiento de salto vertical y esprint en futbolistas amateurs.
- García-López, J., Vicente, J. G. V., Rábago, J. C. M., & Pascual, C. M. (2001). Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y

- velocidad de un equipo profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(63), 46-52.
- GARCÍA-LÓPEZ, J., Peleteiro, J., RODRIGUEZ-MARROYO, J., Morante, J., & Villa, J. (2003). Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 20(93), 28-34.
- Garrido, R., González, M., Sirvent, J., & Expósito, I. (2005). Valores del test de Bosco en función del deporte. *Publice Standard. Pid*, 500.
- Gavilanes, A., Fabricio, O., Henao, F., & Fernanda, L. (2014). *Análisis del entrenamiento de la potencia muscular y aeróbica en jugadores de fútbol amateur de la Universidad de las Américas de Quito (UDLA)*. Quito: Universidad de las Américas, 2014,
- Goldspink, G., & Harridge, S. (1992). Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. *Strength and power in sport*, 3, 231-251.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., . . . Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(7), 951-958. doi:10.1123/ijsp.2016-0251
- González Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. (1995). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. *Inde. Barcelona*.
- González, J. R., Suárez-Arrones, L., Bretones, A. R., & de Villarreal, 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.
- González-Badillo, J. J., & Ribas, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. *Barcelona: Inde*.
- 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.
- Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., Gonzalez-Badillo, J., & Ibanez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European journal of applied physiology*, 91(5-6), 698-707.
- Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Brousett Minaya, M., & Hochmuller-Fogaca, R. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda.
- Harris-Love, M. O., Seamon, B. A., Gonzales, T. I., Hernandez, H. J., Pennington, D., & Hoover, B. M. (2017). Eccentric Exercise Program Design: A Periodization Model for Rehabilitation Applications. *Front Physiol*, 8, 112. doi:10.3389/fphys.2017.00112
- Hartmann, J., & Tünnemann, H. (1996). *Entrenamiento moderno de la fuerza: Paidotribo*.
- Hespanhol, J. E., Neto, S., Gonçalves, L., Arruda, M. d., & Dini, C. A. (2007). Assessment of explosive strength-endurance in volleyball players through

- vertical jumping test. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(3), 181-184.
- Hill, A. (1960). Production and absorption of work by muscle. *Science*, 131(3404), 897-903.
- Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of applied physiology*, 80(3), 765-772.
- Hyldahl, R. D., & Hubal, M. J. (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & nerve*, 49(2), 155-170.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2), 332-343.
- Jiménez-Reyes, P., & González-Badillo, J. (2011). Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 7(18), 207-217.
- Kelly, S. B., Brown, L. E., Hooker, S. P., Swan, P. D., Buman, M. P., Alvar, B. A., & Black, L. E. (2015). Comparison of concentric and eccentric bench press repetitions to failure. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 1027-1032.
- Knuttgen, H. G., & Komi, P. V. (2003). Basic considerations for exercise. *Strength and power in sport*, 3, 3-7.
- Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1(1), 1-10.
- Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., & Papaikovou, G. (2004). Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 centimeters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 546-550.
- Kroemer, K. H. (1999). Assessment of human muscle strength for engineering purposes: a review of the basics. *Ergonomics*, 42(1), 74-93.
- LaStayo, P., Pierotti, D., Pifer, J., Hoppeler, H., & Lindstedt, S. (2000). Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(5), R1282-R1288.
- Lindstedt, S., LaStayo, P., & Reich, T. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261.
- Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., Salonikidis, K., Katartzi, E., & Poluha, S. (2004). Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Percept Mot Skills*, 99(2), 701-710. doi:10.2466/pms.99.2.701-710
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a

- systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 20(10), 943-951.
- Martinez Aranda, L. M., & Fernandez Gonzalo, R. (2016). Comparison of two power and work data acquisition systems during resistance exercise employing flywheel inertial technology. *RETOS-NUEVAS TENDENCIAS EN EDUCACION FISICA DEPORTE Y RECREACION*(29), 144-148.
- Masach, J. (2008). Estructura condicional del juego del futbol y evaluación de la condición física como base para la metodología en la preparación física. *Material de Estudio Máster Universitario de preparación física en el futbol tercera edición. Real federación española de futbol, Universidad de Castilla La Mancha.*
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Fundamentos de fisiología del ejercicio: nutrición, rendimiento y salud*: Wolters Kluwer Health.
- 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.
- Medina Guzmán, H. (2013). Física 1.
- Meylan, C., Cronin, J., & Nosaka, K. (2008). Isoinertial Assessment of Eccentric Muscular Strength. *Strength & Conditioning Journal*, 30(2), 56-64. doi:10.1519/SSC.0b013e31816a7037
- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., Bellamy, L., Parise, G., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2016). Correlaciones Musculares y Sistémicas de la Hipertrofia Muscular Inducida por el Entrenamiento de la Fuerza-Ciencias del Ejercicio. *PubliCE.*
- Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(5), 311-317.
- Moir, G. (2015). *Strength and Conditioning*: Jones & Bartlett Learning.
- Moreira, C., & Luciano, G. (2017). *Estudio del efecto de la frecuencia del entrenamiento excéntrico sobre el daño muscular*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Educación Física Deporte y Recreación,
- Muller, H., & Grosser, M. (1989). Desarrollo Muscular. In: Hispano Europea, Barcelona (España), Paidotribo.
- Navarro Navarro, A. (2015). Aplicación de un entrenamiento isoinercial sobre el rendimiento en balonmano.
- 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.
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol*, 110(5), 997-1005. doi:10.1007/s00421-010-1575-7
- Nunez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2016). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapulley Flywheel Device

- and the Free Weight. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-21. doi:10.1123/ijsp.2016-0059
- 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.
- Palao, J., Saenz, B., & Ureña, A. (2001). Efecto de un trabajo de aprendizaje del ciclo estiramiento-acortamiento sobre la capacidad de salto en voleibol.
- Pancorbo, A. (2008). Medicina y ciencias del deporte y actividad física. *Madrid: Ergon*.
- Paulsen, G., Cramer, R., Benestad, H. B., Fjeld, J. G., Mørkrid, L., Hallen, J., & Raastad, T. (2010). Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 75-85.
- Peñailillo, L., Blazevich, A., Numazawa, H., & Nosaka, K. (2013). Metabolic and muscle damage profiles of concentric versus repeated eccentric cycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(9), 1773-1781.
- Prieto, Y. H. H., & García, J. (2012). Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad lineal. *European Journal of Human Movement*(28), 125-144.
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., García-Pinillos, F., Sanchez-Sanchez, J., Yanci, J., Castillo, D., . . . Izquierdo, M. (2018). Optimal reactive strength index: is it an accurate variable to optimize plyometric training effects on measures of physical fitness in young soccer players? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(4), 885-893.
- Ratamess, N., Alvar, B., Evetoch, T., Housh, T., Kibler, W., & Kraemer, W. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.
- Ratamess, N. A. (2011). *ACSM's foundations of strength training and conditioning*: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Reilly, T. (2007). The science of training—soccer. *Oxon: Routledge*.
- Resnick, R., Halliday, D., & Krane, K. (2004). Física Vol. I. I.
- Resolución, N. (1993). 008430. *Bogotá DC Colombia: Ministerio De Salud*.
- Reynaldo, J. R. A., & Aliaga, F. N. (2016). Distribución del volumen de trabajo de la fuerza muscular en atletas del área de velocidad del atletismo (Original). *Olimpia: Publicación científica de la facultad de cultura física de la Universidad de Granma*, 13(41), 192-201.
- Rodríguez, D. R. (2011). *Prevención de lesiones en el deporte: Claves para un rendimiento de portivo óptimo*: Ed. Médica Panamericana.
- Rodríguez Facal, F. (1990). Entrenamiento de la capacidad de salto. *La Saltabilidad en los distintos deportes, Ed Stadium, sf*.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. (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.

- Roig, M., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2008). Eccentric exercise in patients with chronic health conditions: a systematic review. *Physiotherapy Canada*, 60(2), 146-160.
- Ruiz, F. A. A. (2010). Predicción de la altura óptima de caída en Drop Jumps usando antropometría y pruebas motoras. *Educación Física y Deporte*, 29(1), 85-92.
- Ríos, L. J. C., Ríos, I. C., & Padial, P. (2000). Efecto del entrenamiento integrado sobre la mejora de la fuerza de impulsión en un lanzamiento en suspensión en balonmano. *European Journal of Human Movement*(6), 155-174.
- Sabido, R., Hernandez-Davo, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *Eur J Sport Sci*, 17(5), 530-538. doi:10.1080/17461391.2017.1282046
- Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European journal of sport science*, 13(5), 445-451.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of applied physiology*.
- Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. (2004). *Superentrenamiento* (Vol. 24): Editorial Paidotribo.
- Smilios, I., Sotiropoulos, K., Christou, M., Douda, H., Spaias, A., & Tokmakidis, S. P. (2013). Maximum power training load determination and its effects on load-power relationship, maximum strength, and vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1223-1233.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.
- Suarez-Arrones, L., de Villarreal, E. S., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., . . . Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS one*, 13(10), e0205332.
- Sánchez-Delgado, A. (2017). Análisis cinemático del entrenamiento con tecnología isoinercial de movimiento libre y sus posibles efectos derivados.
- Tesch, P., Ekberg, A., Lindquist, D., & Trieschmann, J. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180(1), 89-98.
- Tous, J. (2005). Strength training at FC Barcelona. *Insight live*, 11.
- Tous, J. (2011). Entrenamiento de la fuerza mediante cargas excéntricas. *Prevención de lesiones en el deporte*. Madrid: Editorial Medica Panamericana, 217-239.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional

- Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 66-73. doi:10.1123/ijsp.2015-0010
- Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International journal of sports physiology and performance*, 1(3), 293-298.
- Trew, M., & Everett, T. (2006). *Fundamentos del movimiento humano*: Elsevier España.
- Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). Diferencia en el Rendimiento entre el Salto Contramovimiento (CMJ) y la Sentadilla con Salto (SJ): Revisión de los mecanismos Subyacentes y Aplicaciones Prácticas-International Endurance Work Group. *PubliCE*.
- Villa, J., & García-López, J. (2003). Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. *Revista Digital: Rendimiento Deportivo. com*, 6, 1-14.
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 4(3), 2-8.
- Vélez Blanco, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts Medicina de l' Esport (Castellano)*, 29(112), 139-156.
- Wragg, C., Maxwell, N., & Doust, J. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European journal of applied physiology*, 83(1), 77-83.
- Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics*, 10, 89-89.

LECTURAS RECOMENDADAS

- Tous, J. (2005). Strength training at FC Barcelona. *Insight live*, 11.
- Tous, J. (2011). Entrenamiento de la fuerza mediante cargas excéntricas. *Prevención de lesiones en el deporte*. Madrid: Editorial Medica Panamericana, 217-239.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 66-73. doi:10.1123/ijsp.2015-0010
- Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International journal of sports physiology and performance*, 1(3), 293-298.
- Suarez-Arrones, L., de Villarreal, E. S., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., . . . Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS one*, 13(10), e0205332.
- 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.
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol*, 110(5), 997-1005. doi:10.1007/s00421-010-1575-7

- 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.
- González, J. R., Suárez-Arrones, L., Bretones, A. R., & de Villarreal, 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.
- Fajardo, J. T. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*: Julio Tous Fajardo.
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Dominguez-Cobo, S., & Moran-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46-52. doi:10.1123/ijsp.2013-0547
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., . . . Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of sports sciences*, 34(14), 1380-1387.
- Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Los Arcos, A., & Cronin, J. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 11(2), 50-55.